**МЕЖГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА ДАННЫХ**

**О ФИЗИЧЕСКИХ КОНСТАНТАХ И СВОЙСТВАХ**

**ВЕЩЕСТВ И МАТЕРИАЛОВ**

УДК 547.216:536.7

# ТАБЛИЦЫ СТАНДАРТНЫХ СПРАВОЧНЫХ ДАННЫХ

# н-ТРИДЕКАН. ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

# (ПЛОТНОСТЬ, ТЕПЛОЕМКОСТЬ, ЭНТАЛЬПИЯ, ЭНТРОПИЯ, СКОРОСТЬ ЗВУКА, КОЭФФИЦИЕНТЫ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ

# И ВЯЗКОСТИ) В ДИАПАЗОНЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ОТ ТРОЙНОЙ ТОЧКИ ДО 700 К ПРИ ДАВЛЕНИЯХ ДО 100 МПа

# ССД СНГ 335–2020 (ГСССД 335–2018)

**(ОКОНЧАТЕЛЬНАЯ РЕДАКЦИЯ, ШИФР ТЕМЫ АИС МГС:**

**RU.3.005–2020**

РАЗРАБОТАНЫ Межгосударственным техническим комитетом по стандартизации МТК-180 «Межгосударственная служба стандартных справочных данных»

ВНЕСЕНЫ Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии

АВТОРЫ: д.т.н. Б.А. Григорьев, д.т.н. А.А. Герасимова, к.т.н. И.С. Александров

СОГЛАСОВАНЫ с национальными органами по стандартизации стран СНГ:

РЕКОМЕНДОВАНЫ Научно-технической комиссией по метрологии Межгосударственного Совета по стандартизации, метрологии и сертификации

ПРИНЯТЫ Евразийским советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 2020 г., № -2020)УДК 547.216:536.7

**МЕЖГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА ДАННЫХ**

**О ФИЗИЧЕСКИХ КОНСТАНТАХ И СВОЙСТВАХ**

**ВЕЩЕСТВ И МАТЕРИАЛОВ**

|  |  |
| --- | --- |
| **Таблицы стандартных справочных данных** |  |
| н-Тридекан. Теплофизические свойства (плотность, теплоемкость, энтальпия, энтропия, скорость звука, коэффициенты теплопроводности и вязкости) в диапазоне температуры от тройной точки до 700 К при давлениях до 100 МПа | **ССД СНГ**  **335–2020**  **ГСССД**  **335–2018** |
| **Tables of Standard Reference Data** |  |
| n-Tridecane. Thermophysical properties (density, heat capacity, enthalpy, entropy, sound velocity, thermal conductivity and viscosity coefficients) for the temperature range from the triple point to 700К at pressures up to 100 MPa | **SSD CNG**  **335–2020**  **GSSSD**  **335–2018** |

СОДЕРЖАНИЕ

[1 Основная часть 5](#_Toc25233089)

[1.1 Термодинамические свойства 5](#_Toc25233090)

1.2 [Коэффициент переноса 11](#_Toc25233091)

Приложение А Методика разработки уравнения состояния 16

Приложение Б Результаты сравнения разнородных экспериментальных

данных о термодинамических свойствах н-Тридекана 24

Таблица Б.1 Результаты сравнения данных о термодинамических

свойствах н-Тридекана со значениями, рассчитанными

по ФУС (1) – (3) 28

Таблица Б.2 Результаты сравнения экспериментальных данных

о вязкости н-Тридекана с рассчитанными по уравнению (13)

значениями 32

Таблица Б.3 Результаты сравнения экспериментальных данных о теплопроводности н- Тридекана с рассчитанными

по уравнению (21) значениями 34

Таблица Б.4 Теплофизические свойства н- Тридекана

в однофазной области 36

Таблица Б.5 Теплофизические свойства н- Тридекана на линии

насыщения 53

Приложение В Поля неопределенности расчета теплофизических свойств 57

2 Список литературы 61

# ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

# 1.1 ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

# Таблицы стандартных справочных данных о термодинамических свойствах н-Тридекана рассчитаны по фундаментальному уравнению состояния (ФУС), описывающему свободную энергию Гельмгольца *a*(*ρ*,*T*) в зависимости от температуры *Т* и плотности *ρ*. Безразмерная свободная энергия Гельмгольца *α*(δ,*τ*) представлена в виде суммы идеально-газовой части *α*о(*δ*,*τ*) и избыточной части *α*r(*δ*,*τ*) уравнением (1).

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1) |

В свою очередь избыточная часть свободной энергии Гельмгольца представлена в виде разложения в ряд по степеням приведенной температуры *τ* и приведенной плотности *δ* с полиномиальными и экспоненциальными членами. При этом использовалась оптимизированная форма ФУС, предложенная Соном и Эли [1], с дополнительно оптимизированными значениями показателей степени при приведенной температуре

|  |  |
| --- | --- |
| , | (2) |

где *δ* = *ρ*/*ρс*; *τ* = *Тс*/*Т*; *ρс*, *Тс* – параметры приведения, в качестве которых приняты критические значения. В частности, для н-Тридекана: *ρс*= 1,2822 кмоль/м3, *Тс*= 675,2К.

Определение коэффициентов ФУС производилось по алгоритму, реализующему метод случайного поиска с возвратом при неудачном шаге [2].

Минимизируемый функционал содержал как слагаемые, ответственные за точность аппроксимации результатов измерений разнородных данных о термодинамических свойствах, так и различные ограничения, накладываемые в виде неравенств на термодинамическую поверхность. Основными видами ограничений являлись: критические условия, правило Максвелла, контроль кривизны идеальных кривых, положительность теплоемкости, правило прямолинейного диаметра, контролирование знаков производных различных термодинамических величин и т.д. Эти ограничения обеспечивают «физическую» форму поверхности состояния и улучшают экстраполяционные возможности уравнения.

Безразмерная идеально-газовая часть свободной энергии Гельмгольца определяется по соотношению

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3) |

где *δ*0 = *ρ*0/*ρс*; = *Т*с/*Т*0;

*Т*0, *р*0 – вспомогательная опорная точка (*Т*0 = 298,15 К; *р*0 = 101325 Па);

*ρ*0 – плотность идеального газа при температуре *Т*0 и давлении *р*0;

, – соответственно энтальпия и энтропия в идеально-газовом состоянии при температуре*Т*0.

Для расчета функции необходимы данные об изобарной теплоемкости в состоянии идеального газа . Были приняты значения, полученные в Термодинамическом Исследовательском Центре [3] и аппроксимированы уравнением

|  |  |
| --- | --- |
| , | (4) |

где *R* = 8,314472 Дж/(моль∙К) – универсальная газовая постоянная. Значения коэффициентов представлены в таблице 1.

Термодинамическое соотношение (3) совместно с эмпирической зависимостью (4) приводят к следующей формуле для расчета

|  |  |
| --- | --- |
|  | (5) |

Значения коэффициентов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Значения коэффициентов уравнений (4) и (5) для идеально-газовых функций н-Тридекана

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *i* |  |  |
| -3 | - | 3,747059 |
| -2 | 0,7449968∙106 | -40,42923 |
| -1 | -0,5755453∙104 | -25,16702 |
| 0 | 16,1179600 | 2,956673 |
| 1 | 0,1195317 | -0,8157788 |
| 2 | -0,4916133∙10-4 | 15,00908 |
| 3 | - | 8,493785 |

Коэффициенты и показатели степени при температуре и плотности оптимизированного уравнения (2) представлены в таблице 2. Более подробно процедура построения ФУС описана в Приложении А.

Таблица 2 – Коэффициенты и показатели степени ФУС (2) н-Тридекана

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *i* | *ni* | *ti* | *di* | *pi* |
| 1 | 0,1371778576567∙101 | 1,498 | 1 | 0 |
| 2 | 0,1421631594604∙101 | 0,261 | 1 | 0 |
| 3 | -0,3700540428215∙101 | 1,252 | 1 | 0 |
| 4 | 0,1272817203019 | 0,267 | 3 | 0 |
| 5 | 0,3490963146970∙10-3 | 0,848 | 7 | 0 |
| 6 | -0,2712588014269 | 1,377 | 2 | 0 |
| 7 | 0,1564849905396∙10-4 | 0,597 | 1 | 1 |

*Окончание таблицы 2*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *i* | *ni* | *ti* | *di* | *pi* |
| 8 | 0,6413650574660∙10-1 | 3,247 | 1 | 1 |
| 9 | 0,5793743097803 | 1,829 | 2 | 1 |
| 10 | -0,1673135877242∙10-1 | 1,998 | 5 | 1 |
| 11 | -0,6712958213925 | 3,438 | 1 | 2 |
| 12 | 0,6577847189001∙10-1 | 6,218 | 1 | 2 |
| 13 | -0,1580759630983 | 4,536 | 4 | 2 |
| 14 | -0,1436679584597∙10-1 | 13,517 | 2 | 3 |

Термодинамические свойства рассчитаны по соотношениям:

плотность

|  |  |
| --- | --- |
|  | (6) |

энтальпия

|  |  |
| --- | --- |
|  | (7) |

энтропия

|  |  |
| --- | --- |
|  | (8) |

изохорная теплоемкость

|  |  |
| --- | --- |
|  | (9) |

изобарная теплоемкость

|  |  |
| --- | --- |
|  | (10) |

скорость звука

|  |  |
| --- | --- |
|  | (11) |

где нижний индекс при *α* показывает частную производную по соответствующей переменной.

За термодинамическое начало отсчета при составлении таблиц термодинамических свойств н-Тридекана принято состояние равновесного молекулярного кристалла при температуре 0 К. Значения энтальпии *h*0 и энтропии *s*0 во вспомогательной точке отсчета на линии насыщения в жидкой фазе при температуре *Т*0 = 298,15 К определены по данным [4] (h0 = 523,31 кДж∙кг-1, *s*0 = 2,8362 кДж∙кг-1∙К-1).

Таблицы термодинамических свойств н-Тридекана рассчитаны по ФУС (1) – (3) в диапазоне температуры от тройной точки (*Tt* = 267,78K) до 700 К при давлениях до 100 МПа. Свойства в однофазной области представлены в таблице Б.4, свойства на линии насыщения – в таблице Б.5. Линия плавления описана эмпирическим уравнением Симона – Глатцеля

|  |  |
| --- | --- |
|  | (12) |

где *р*\*= 375,3 МПа; *с* = 3,402 Значения коэффициентов уравнения (12) определены по экспериментальным данным [4, 5].

Величина неопределенности расчетных значений термодинамических свойств оценена в результате сравнения с наиболее надежными экспериментальными данными. Представленные в табл. 3 оценки даны для жидкой фазы: *Т*< *Tc*, *ρ*> 1,3*ρc*, для газовой фазы:*T*< *Tc*, ρ< 0,7*ρc*, для сверхкритического флюида: *T*> *Tc*, исключая критическую область:*Ts*≤*T*≤ 1,05*Tc*, 0,7*ρc*≤ρ ≤ 1,3*ρ*c, которая не исследована для н-Тридекана, а уравнение в форме (2) не обеспечивает высокую точность расчета термодинамических свойств в критической области.

Более подробные сведения о результатах сравнения расчетных данных со всеми имеющимися экспериментальными данными и полями неопределенностей представлены в Приложении В.

Таблица 3 – Оценки неопределенности расчетных значений термодинамических свойств н-Тридекана

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Свойство | Неопределенность, %, в области | | |
|  | Жидкость | Газ | Сверхкритический флюид |
| *pv* |  | 0,2 – 2,0 |  |
| *ρl* | 0,2 – 0,4 |  |  |
| *ρv* |  | 0,5 – 3,0 |  |
| *p,ρ,T* | 0,2 – 0,4 | 0,5 – 2,0 | 0,5 – 1,5 |
| *Cp* | 0,5 – 1,5 | 1,0 – 2,5 | 1,0 – 2,0 |
| *Cv* | 1,0 – 2,0 | 1,5 – 3,0 | 1,5 – 3,0 |
| *W* | 0,5 – 1,0 | 1,0-2,0 | 1,0-2,0 |

* 1. **КОЭФФИЦИЕНТЫ ПЕРЕНОСА**

Табличные значения коэффициентов переноса рассчитаны по эмпирическим уравнениям, разработанным на основе наиболее надежных экспериментальных данных.

Для описания коэффициента динамической вязкости использовалась новая корреляция корреляции, которая базируется на теоретически обоснованном уравнении [6]. В этой корреляции коэффициент динамической вязкости чистого вещества *η* представлен в виде суммы вязкости разреженного газа и остаточной вязкости

|  |  |
| --- | --- |
| , | (13) |

где *ηo*(*T*) – вязкость разреженного газа при нулевой плотности; *Bη*(*T*) – второй вязкостный вириальный коэффициент; Δη(ρ,*T*) – остаточная вязкость плотного флюида.

Вязкость газа при нулевой плотности *η*o(*T*) определяется по уравнениям

|  |  |
| --- | --- |
|  | (14) |

|  |  |
| --- | --- |
|  | (15) |

где вязкость *ηo*, мкПа∙с; *М* – масса киломоля, кг/кмоль (для н-Тридекана *М*=184,361 кг/кмоль); *Т* – температура, *К*; σ – линейный масштабный параметр потенциала Леннарда – Джонса, нм; ε/*k*B– энергетический масштабный параметр, *К*; *S*\*η– приведенный эффективный интеграл столкновений, аппроксимированный уравнением (15); T\* – приведенная температура *T*\*= kB*Т*/ε. Масштабные параметры потенциала взаимодействия определялись по методу Чанга с соавторами [7]

|  |  |
| --- | --- |
| и | (16) |

Коэффициенты уравнения (15) определены по экспериментальным данным [7] и представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Параметры уравнений (15) и (16) для расчета вязкости разреженного газа

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *a*0 | *a*1 | *a*2 | σ (нм) | ε/*k*B(K) |
| 0,4501684 | -0,6347751 | 0,09584446 | 0,74466898 | 536,1709 |

При низкой плотности наблюдается линейная зависимость вязкости от плотности. Температурная зависимость учитывается вторым вязкостным вириальным коэффициентом *Bη*(*T*), для которого используется теоретически обоснованная корреляция, полученная для Леннард – Джонсовского флюида.

|  |  |
| --- | --- |
| и | (17) |

где *Bη*(*T*), л∙моль-1; σ, нм; *N*A= 6,0221415∙1023 моль-1 – число Авогадро.

Для расчета температурной зависимости *B\*η*(*T\**) в диапазоне приведенной температуры 0,5 ≤ *T\** ≤ 100 предлагается следующая корреляция:

|  |  |
| --- | --- |
| , | (18) |

где коэффициенты *bj* и показатели степени *tj* представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Значения коэффициентов уравнения (18)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *J* | *bj* | *tj* |
| 0 | -19,572881 | 0,00 |
| 1 | 219,73999 | -0,25 |
| 2 | -1015,3226 | -0,50 |
| 3 | 2471,0125 | -0,75 |
| 4 | -3375,1717 | -1,00 |
| 5 | 2491,6597 | -1,25 |
| 6 | -787,26086 | -1,50 |
| 7 | 14,085455 | -2,50 |
| 8 | -0,34664158 | -5,50 |

При повышенной плотности остаточная вязкость описывается слагаемым Δ*η*(*ρ*,*T*), которое представляет собой полином от двух переменных – приведенной плотности *δ* = *ρ*/*ρс* и приведенной температуры τ = *Т*/*Т*с, а также слагаемое, учитывающее функцию свободного объема. Методом пошагового регрессионного анализа получена оптимальная форма уравнения для остаточной вязкости

|  |  |
| --- | --- |
|  | (19) |

Функция δ0 описывается уравнением

|  |  |
| --- | --- |
|  | (20) |

Значения коэффициентов уравнений (19) и (20) представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Значения коэффициентов уравнений (19) и (20)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ***j*** | ***k*** | **α*jk*** |
| 2 | 1 | 0,70581314∙10-1 |
| 3 | 1 | -0,79808189∙10-1 |
| 2 | 2 | -0,99186602∙10-1 |
| 3 | 2 | 0,76310809∙10-1 |
| 4 | 3 | -0,64288263∙10-2 |
| 4 | 5 | 0,30732842∙10-3 |
| ***i*** | | ***сi*** |
| 1 | | 0,90368321 |
| 2 | | 0,215878∙101 |
| 3 | | 0,248530∙101 |
| 4 | | -0,132320 |

Средняя вероятная ошибка определения коэффициента динамической вязкости по уравнению (13) составляет 2,5 %. Уравнение (13) не учитывает критическую аномалию вязкости, которая не исследована для н-Тридекана. Результаты сравнения с имеющимися экспериментальными данными представлены в Приложении Б.

Для описания теплопроводности использовалась форма уравнения, предложенная Леммоном и Якобсеном [8], которая имеет вид

|  |  |
| --- | --- |
|  | (21) |

где *λ*o(*T*) – теплопроводность разреженного газа при нулевой плотности*; λ*r(*δ*,*τ*) – избыточная теплопроводность; *δ* = *ρ*/*ρr*; *τ* = *Tr*/*T*; *ρr*, *Tr* – опорные значения плотности и температуры (принимают критические значения: *Тс* = 675,2 К; *ρс* = 1,2822 кмоль/м3).

Теплопроводность разреженного газа, в свою очередь, определяется как

|  |  |
| --- | --- |
| , | (22) |

где *η*o(*T*) – вязкость разреженного газа при нулевой плотности, мкПа∙с.

Избыточная теплопроводность аппроксимирована уравнением

|  |  |
| --- | --- |
|  | (23) |

Вязкость разреженного газа *η*o(*T*) определяется по уравнениям (14) и (15).

Поиск коэффициентов и показателей степени при температуре и плотности уравнений (22) и (23) осуществлялся методом случайного поиска с возвратом при неудачном шаге [2]. Также вводились ограничения, обеспечивающие «правильный» знак производных. Коэффициенты и показатели степени уравнений (22) и (23) представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Коэффициенты и показатели степени уравнений (22) и (23)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| ***i*** | ***Ni*** | ***ti*** | ***di*** | ***li*** |
| 1 | 0,4193689916∙102 | - | - | - |
| 2 | 0,8096533292∙102 | -2,21810 | - | - |
| 3 | -0,7992153586∙102 | -2,22306 | - | - |
| 4 | -0,120651526364∙101 | 2,92224 | 1 | 0 |
| 5 | 0,109574685586∙102 | 0,00741 | 2 | 0 |
| 6 | 0,172190708264 | 1,12321 | 7 | 1 |
| 7 | -0,169445568521∙101 | 4,87179 | 8 | 2 |
| 8 | 0,296538596340∙102 | 6,99495 | 4 | 2 |

Средняя вероятная ошибка определения коэффициента теплопроводности н-Тридекана по уравнению (21) составляет 2,0 %. Уравнение (21) не учитывает критическую аномалию теплопроводности, которая экспериментально не исследована для н-Тридекана. Рассчитанные значения коэффициентов динамической вязкости и теплопроводности в однофазной области представлены в таблице Б.4 и на линии насыщения в таблице Б.5.

Более подробные сведения о результатах сравнения расчетных данных со всеми имеющимися экспериментальными данными о теплопроводности и вязкости н-Тридекана, а также поля неопределенностей представлены в Приложении Б.

**ПРИЛОЖЕНИЕ А**

**МЕТОДИКА РАЗРАБОТКИ УРАВНЕНИЯ СОСТОЯНИЯ**

При разработке ФУС (2) использовались разнородные экспериментальные данные о термодинамических свойствах н-Тридекана – *p*,*v*,*Т*-данные, упругость насыщенных паров *pv*, плотность насыщенной жидкой *ρl* и газовой фазы *ρv*, теплоемкость насыщенной конденсированной фазы *cs*, изохорная *cv* и изобарная *cp* теплоемкости, энтальпия *h*, скорость распространения звука *w*.

В минимизируемый функционал включалось несколько слагаемых, каждое из которых ответственно за определенную категорию обрабатываемых термодинамических величин:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (А1) |

где *ni* – коэффициенты ФУС, *ap,i* - слагаемые ФУС, определяемые по (14), ‑ вес опытной точки, *a0* – экспериментальное значение термодинамического свойства.

В данном случае функциональная связь задавалась уравнением

|  |  |
| --- | --- |
|  | (А2) |

а коэффициенты *n* определялись посредством оптимизационного алгоритма, описанного ниже. Для расшифровки правой части формулы (А1) использовались известные дифференциальные соотношения термодинамики (6) – (11). Кроме включения в обработку экспериментальных данных о различных термодинамических свойствах н-Тридекана, также применялась система ограничений, накладываемых в виде неравенств на термодинамическую поверхность. Основными видами ограничений являлись: критические условия, правило Максвелла, контроль кривизны идеальных кривых, положительность теплоемкостей, правило прямолинейного диаметра, контролирование знаков производных различных термодинамических величин и т.д. Эти ограничения обеспечивают «физическую» форму поверхности состояния и улучшают экстраполяционные возможности уравнения.

При разработке ФУС (2) для н-Тридекана была применена модификация метода случайного поиска с возвратом при неудачном шаге. Алгоритм модифицирован введением элементов детерминированного поиска на шаге корректировки величины шага поиска и выбора направления.

В используемом алгоритме используется аддитивный критерий оптимальности – минимизируемый функционал (А1), который образуется путем сложения выходных параметров, преобразованных к безразмерным слагаемым. Это осуществляется с помощью введения нормирующих множителей - весовых коэффициентов. Нормирование необходимо для объединения нескольких выходных параметров – термодинамических свойств, имеющих в общем случае различную физическую размерность. Минимизируемый функционал содержит слагаемые, ответственные за точность аппроксимации результатов измерений разнородных данных о термодинамических свойствах, а также различные ограничения, накладываемые в виде неравенств на термодинамическую поверхность и представлен следующей зависимостью:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (А3) |

где: *W* - весовой коэффициент для каждой опытной точки, *F* - функция, используемая для минимизации отклонений. Например, для изохорной теплоемкости данных функция определяется как:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (А4) |

Квадратичные функции для других термодинамических свойств имеют аналогичный вид. *Fо –* функция, учитывающая различные ограничения на область изменения переменных.

Весовой коэффициент *W* для каждой выбранной опытной точки назначался индивидуально с учетом типа данных, области состояний и требуемой точности. Типичное значение *W* для *p,ρ,T*- данных и давления насыщенных паров составляет 1, для теплоемкости – 0,5, для скорости звука – 1.

Как видно из соотношения (А3) ограничения входят в виде дополнительных слагаемых в минимизируемый функционал. Например, для контроля знака производной какой-либо термодинамической величины численно вычисляется производная на основе расчетных значений по уравнению состояния, сохраненных на последних итерациях. После этого вычисленное значение производной по соответствующему свойству в безразмерном виде с соответствующим весовым коэффициентом включается в квадратичный функционал со знаком противоположным заданному. Замена знака на противоположный знак осуществляется для того, чтобы при правильном знаке производной это ограничение не влияло на функционал (А3).

Ограничения не влияют на критерий оптимальности до тех пор, пока параметры находятся в области допустимых значений. Стоит изменить параметр таким образом, что он пересечет границу, движение по траектории минимизации немедленно прекращается. Эта процедура продолжается вплоть до возвращения параметров в область допустимых значений. Блок-схема алгоритма представлена на рисунке А1.

На шаге 1 задается количество итераций, задается точность, с которой ищется минимум и начальное приближение.

На шаге 2 осуществляется вычисление функционала в новой точке пространства поиска и добавление ограничений (шаг 2А). Это осуществляется изменением начальных значений переменных в соответствии с заданным шагом поиска по следующей итерационной формуле

|  |  |
| --- | --- |
| , | (А5) |

где [xk] – массив начальных значений переменных, [xk+1] – массив значений переменных на новой итерации, λк - шаг поиска на *k*-ой итерации.

После этого вычисляется значение функционала (А3) в новой точке пространства поиска S(xk+1). В качестве начальных значений переменных могут выступать коэффициенты уравнения состояния, либо коэффициенты и показатели степени при температуре и плотности одновременно. Величина шага поиска возвращается генератором случайных чисел и может варьироваться в диапазоне 10-1 <λ <10-7.

На шаге 3 производится сравнение значений минимизируемого функционала на текущей и предыдущей итерациях. Если S(xk+1) <S(xk), то осуществляется переход к шагу 4. В противном случае на шаге 3А запускается счетчик неудачных попыток и так же осуществляется переход к шагу 4. Если предельное количество неудачных попыток достигло максимума, то осуществляется выход из программы. Негативные шаги необходимы для того, чтобы избежать ловушки локального оптимума.

На шаге 4 информация о поведении минимизируемого функционала, накопленная в процессе поиска, используется для дробления шага поиска

|  |  |
| --- | --- |
|  | (А6) |

где α находится в диапазоне (-1, 1) – коэффициент уменьшения шага (свободный параметр метода).

Параметр *α* в процессе дробления шага поиска изменяется следующим образом. При сравнении предыдущего и текущего значений функционала, алгоритм выбирает направление поиска и в соответствии с этим направлением определяет первоначальное значение коэффициента *α*

|  |  |
| --- | --- |
|  | (А7) |

то есть принимается решение об увеличении, либо об уменьшении шага поиска. После присваивания коэффициенту *α* соответствующих значений по условию (А7) вычисляется новое значение функционала *Sk+1*. Далее осуществляется дробление шага поиска изменением коэффициента *α* исходя из следующих условий.

|  |  |
| --- | --- |
|  | (А8) |

Если ни одно из группы условий (А8) не выполняется, то для определения нового значения *α* строится интерполяционная парабола на основе значений минимизируемого функционала *S* и коэффициента *α* на последних трех итерациях. Для этого используются следующие соотношения

|  |  |
| --- | --- |
|  | (А9) |

|  |  |
| --- | --- |
|  | (А10) |

где *a* и *b* - коэффициенты параболического уравнения. Тогда новое значение коэффициента *α* определяется как

|  |  |
| --- | --- |
|  | (А11) |

Далее после вычисления нового значения функционала в соответствии с новым значением коэффициента уменьшения шага, сохраняются три наилучших значения функционала *S* и коэффициента *α* и алгоритм переходит к шагу 5.

На шаге 5 проверяются условия останова. Программа завершает свою работу, если достигнуто максимальное значение неудачных попыток минимизировать функцию или достигнута требуемая точность решения

|  |  |
| --- | --- |
| , | (А12) |

где *εS*– константа, определяющая требуемую точность решения по S.

Если ни одно из условий останова не выполнено, то осуществляется переход к шагу 6, на котором переопределяются границы поиска в соответствии с новыми значениями переменных, предыдущему значению функционала присваивается текущее значение, и алгоритм переходит к следующей итерации.

Таким образом, осуществляется цикл поиска глобального оптимума для разрабатываемого уравнения с учетом заданного количества итераций.

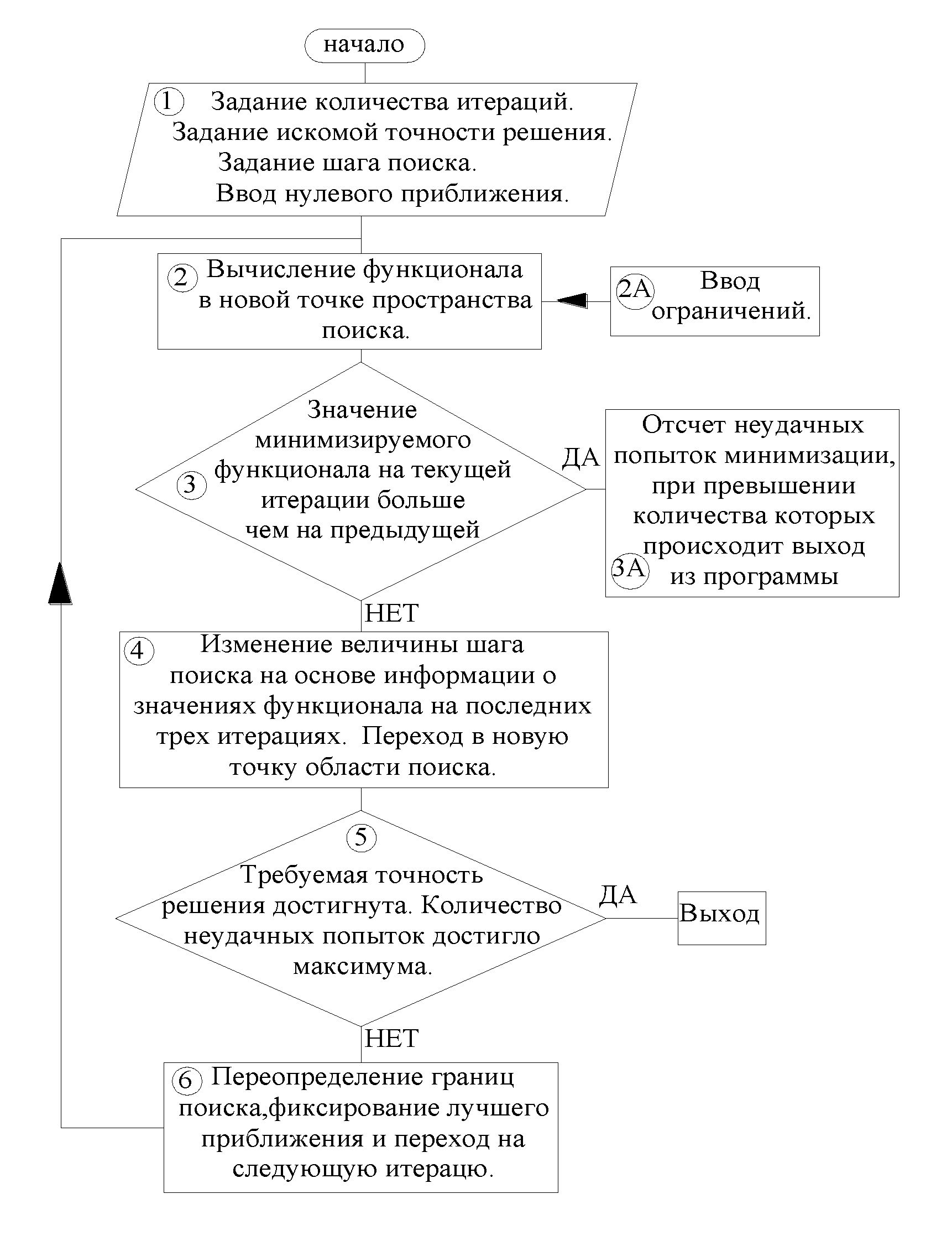


Рисунок А1 – Блок-схема алгоритма определения коэффициентов и степеней уравнения состояния методом случайного поиска с возвратом при неудачном шаге

Кроме определения коэффициентов и степеней уравнений состояния, посредством вышеописанного алгоритма определено оптимальное количество слагаемых уравнения, удалением тех из них, которые вносят минимальный вклад. Это осуществляется поочередным приравниванием каждого слагаемого уравнения нулю и вычислением функционала. Эта циклическая процедура повторяется на каждой итерации. После анализа вкладов каждого из слагаемых в уравнение осуществляется удаление слагаемого, которому соответствует минимальное значение минимизируемого функционала. После чего повторяется процедура оптимизации, описанная выше. Удаление малозначимых и коррелирующих между собой слагаемых уравнения состояния не сказывается на точности уравнения и существенно улучшает его.

**ПРИЛОЖЕНИЕ Б**

**РЕЗУЛЬТАТЫ СРАВНЕНИЯ РАЗНОРОДНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ О ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВАХ Н-ТРИДЕКАНА**

**Б.1 АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ И ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ТАБЛИЧНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ТДС**

В таблице Б.1 представлены результаты сравнения разнородных экспериментальных данных о термодинамических свойствах н-Тридекана с расчетами по фундаментальным уравнениям состояния, а на рисунке Б.1 – Б.4 показан характер отклонений. Значения температуры, измеренные по разным температурным шкалам, пересчитаны на Международную температурную шкалу 1990 г. (МТШ-90).

Плотность насыщенной жидкой фазы при высоких температурах определена только в работе Дулиттла [9]. Однако, как показал предыдущий анализ при температурах, выше 493 К, данные Дулиттла, по-видимому, имеют невысокую точность. В диапазоне температуры от тройной точки до 370 К данные разных авторов отклоняются от рассчитанных значений в пределах 0,05 – 0,15 %. Для оценки экстраполяционных возможностей ФУС в таблице Б.1 представлены результаты сравнения рассчитанных значений *ρl* по локальному уравнению и ФУС. При температурах до 450 К отклонения не превышают 1%, а затем начинают возрастать, достигая при *Т* = 670 К 6%.



Рисунок Б.1 – Отклонения экспериментальных данных о давлении насыщенных паров н-Тридекана, от рассчитанных значений по фундаментальному уравнению состояния (1) – (3)

Экспериментальное исследование *p*,*v*,*T*-зависимости выполнено только в работах Дулиттла [9], и Голика с соавторами [10]. Для расширения температурного диапазона автор использовал также расчетные значения плотности, полученные по обобщенному ФУС, разработанному для н-алканов Курумовым [11]. Диапазон и результаты сравнения с расчетными данными также представлены в табл. Б.1. Как видно из табл. 3.10 плотность жидкой фазы передается ФУС со средними отклонениями 0,2 – 0,4 %. Несколько большее значение для данных Дулиттла[9], как уже отмечалось связано с уменьшением точности эксперимента при высоких температурах.



Рисунок Б.2 – Отклонения экспериментальных данных о плотности н-Тридекана, от рассчитанных значений по фундаментальному уравнению состояния (1) – (3).

Широкодиапазонные измерения изобарной теплоемкости выполнены в жидкой фазе в работе Герасимова [31]. Как видно из таблицы Б.1, среднее отклонение не превышает 1%, это же относится и к описанию теплоемкости насыщенной жидкой фазы в низкотемпературной области.



Рисунок Б.3 – Отклонения экспериментальных данных об изобарной теплоемкости н-Тридекана от рассчитанных значений по фундаментальному

уравнению состояния (1) – (3).

Скорость звука измерена только в жидкой фазе. Как видно из таблицы Б.1, данные разных авторов передаются со средними отклонениями, не превышающими 1 %. Таким образом, несмотря на ограниченный объем экспериментальных данных, разработанное ФУС передает все термодинамические свойства с достаточно высокой точностью в диапазоне температуры от тройной точки до 630 Кпри давлениях до 100 МПа.



Рисунок Б.4 – Отклонения экспериментальных данных о скорости звука н-Тридекана от рассчитанных значений по фундаментальному уравнению состояния (1) – (3).

Таблица Б.1 – Результаты сравнения данных о термодинамических свойствах н-Тридекана со значениями, рассчитанными по ФУС (1) – (3)

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Год** | **Первый автор,** | **Число** | **Диапазон** | | **Отклонения, %** | |
|  | **источник** | **точек** | ***Т*, К** | ***р*, МПа** | **Жидкость** | **Газ** |
| ***p,ρ,T*–данные** | | | | | | |
| 1964 | Дулиттл[9] | 70 | 303-573 | 5-500 | 0,518 |  |
| 1982 | Голик [10] | 31 | 323-453 | 0,1-196 | 0,192 |  |
| 1991 | Курумов [11] | 71 | 270-630 | 0,1-80 | 0,401 |  |
| ***Давление насыщенных паров*** | | | | | | |
| 1882 | Крафт [12] | 6 | 380-507 | 0,001-0,101 |  | 5,471 |
| 1946 | Шисслер [13] | 2 | 328-338 |  |  | 6,08 |
| 1947 | Фенске [14] | 1 | 380 | 0,001 |  | 0,440 |
| 1955 | Камин [15] | 14 | 412-509 | 0,006-0,103 |  | 0,374 |
| 1979 | Саннер [16] | 3 | 308-348 |  |  | 5,529 |
| 1991 | Курумов [11] | 43 | 268-670 | 0-1,57 |  | 0,225 |
| 1996 | Витон [17] | 33 | 274-467 | 0-0,035 |  | 0,824 |
| 2010 | Расчет по *Сs*[18] | 8 | 268-340 |  |  | 0,251 |
| ***Плотность насыщенной жидкой фазы*** | | | | | | |
| 1882 | Крафт [12] | 8 | 273-372 |  | 0,216 |  |
| 1946 | Шисслер [13] | 5 | 273-372 |  | 0,115 |  |
| 1946 | Вогель[19] | 4 | 293-359 |  | 0,067 |  |
| 1964 | Дулиттл[9] | 7 | 303-573 |  | 1,347 |  |
| 1951 | Дулиттл[20] | 5 | 263-473 |  | 0,653 |  |
| 1976 | Хаст[21] | 24 | 192-348 |  | 0,146 |  |
| 1978 | Диаз [22] | 4 | 298-333 |  | 0,058 |  |
| 1985 | Хатчингс[23] | 2 | 288-298 |  | 0,146 |  |
| 1985 | Ортега [24] | 1 | 298 |  | 0,063 |  |
| 1986 | Тардейос [25] | 1 | 298 |  | 0,095 |  |
| 1987 | Манскер [26] | 3 | 298-338 |  | 0,187 |  |
| 1990 | Ивахаши[27] | 2 | 298-323 |  | 0,063 |  |
| 1998 | Ву [28] | 4 | 293-313 |  | 0,05 |  |
| 2001 | Пелетейро [29] | 5 | 280-318 |  | 0,06 |  |
| 2011 | Герасимов [30] | 43 | 268-670 |  | 1,033 |  |
| ***Плотность насыщенной газовой фазы*** | | | | | | |
| 2011 | Герасимов [30] | 42 | 268-670 |  |  | 1,799 |
| ***Теплоемкость насыщенной жидкой фазы Cs*** | | | | | | |
| 1954 | Финке .[32] | 8 | 272-306 |  | 0,553 |  |
| ***Изобарная теплоемкость Cp*** | | | | | | |
| 2000 | Герасимов [31] | 36 | 321-607 | 1-60 | 0,744 |  |
| 2001 | Пелетейро [29] | 5 | 280-318 | 0,1 | 0,753 |  |
| **Энтальпия испарения** | | | | | | |
| 1979 | Саннер [16] | 3 | 308-348 |  |  | 0,675 |
| 2010 | Расчет по *Сs*[18] | 9 | 268-340 |  |  | 0,127 |

*Окончание таблицы Б.1*

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Год** | **Первый автор,** | **Число** | **Диапазон** | | **Отклонения, %** | |
|  | **источник** | **точек** | ***Т*, К** | ***р*, МПа** | **Жидкость** | **Газ** |
| ***Скорость звука*** | | | | | | |
| 1982 | Голик .[10] | 64 | 313-453 | 0.1-196 | 0,806 |  |
| 1986 | Тардейос [25] | 1 | 298 | нас.жид. | 0,191 |  |
| 2000 | Плантиер[33] | 9 | 293-373 | нас.жид. | 0,582 |  |
| 2000 | Даридони[34] | 276 | 293-373 | 0.1-150 | 0,524 |  |
| 2001 | Хасаншин[35] | 48 | 303-433 | 0.1-49.1 | 0,716 |  |

На рисунке Б.5 показан ход идеальных кривых н-Тридекана, а на рисунке Б.6 – Б.8 показаны поверхности состояния основных термодинамических свойств, построенные по ФУС. Вид поверхностей свидетельствует о хороших интерполяционных и экстраполяционных свойствах, разработанного ФУС.



Рисунок Б5 – Идеальные кривые н-Тридекана

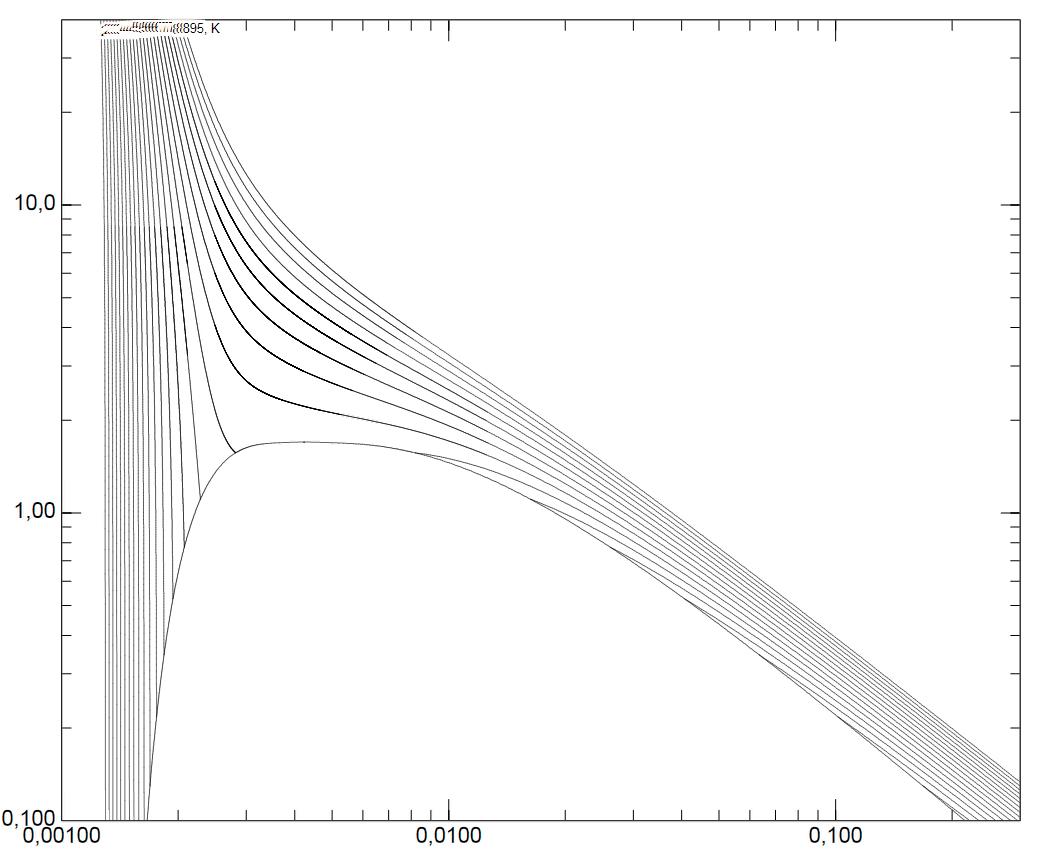


Рисунок Б.6 – *p* – *V* – диаграмма н-Тридекана

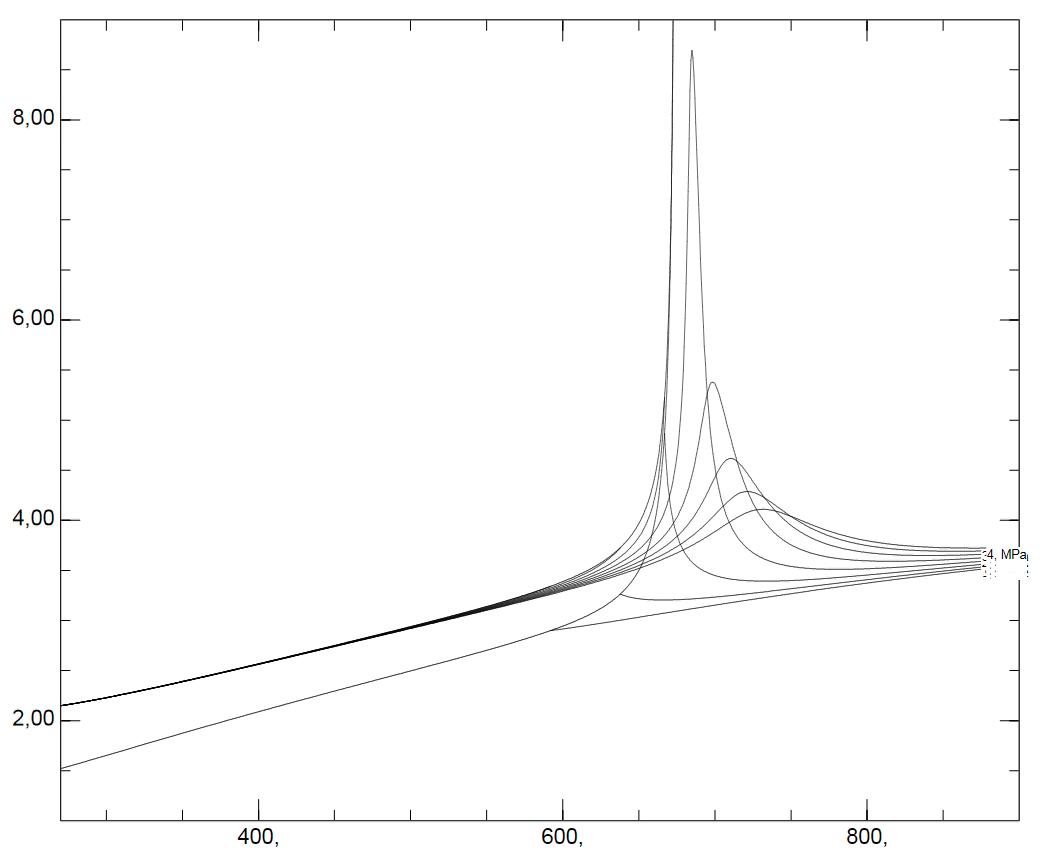


Рисунок Б.7 – Диаграмма изобарная теплоемкость – температура н-Тридекана

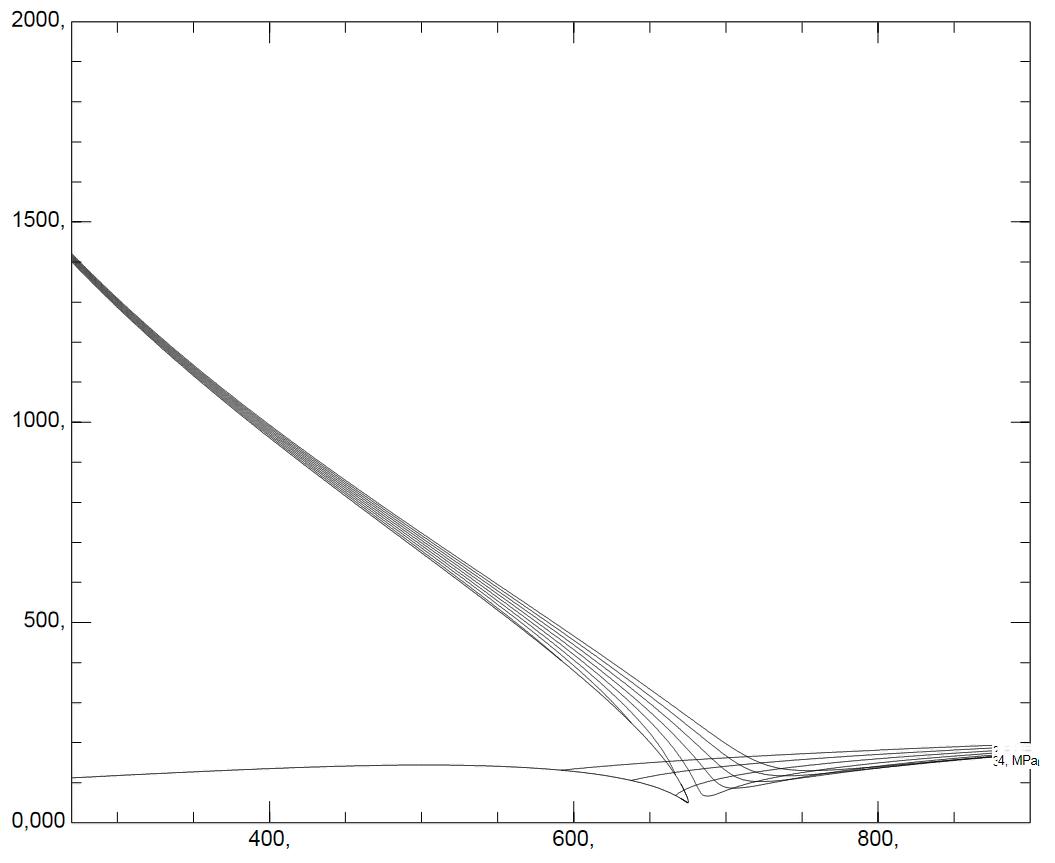


Рисунок Б.8 – Диаграмма скорость звука – температура н-Тридекана

**Б.2 АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ И ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ТАБЛИЧНЫХ ЗНАЧЕНИЙ СВОЙСТВ ПЕРЕНОСА**

**Б.2.1 ВЯЗКОСТЬ**

В таблице Б.2 представлены результаты сравнения экспериментальных данных о вязкости н-Тридекана с расчетами по разработанным уравнениям, а на рисунке Б.9 показан характер отклонений. Значения температуры, измеренные по разным температурным шкалам, пересчитаны на Международную температурную шкалу 1990 г. (МТШ-90).

Для разработки уравнения использовались данные Керамиди [39], полученные в жидкой фазе капиллярным методом с погрешностью ±1,5 %. В газовой фазе использовались данные Люстерника и Жданова [45]. Для расширения температурного диапазона и правильного описания поверхности состояния уравнением были использованы расчетные значения вязкости жидкой фазы на линии кипения в диапазоне температуры 270 – 670 К, полученные по корректной и оцененной методике [46]. Остальные данные использовались для проверки полученного уравнения.

Таблица Б.2 – Результаты сравнения экспериментальных данных о вязкости н‑Тридекана с рассчитанными по уравнению (13) значениями

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Год** | **Первый автор,**  **источник** | **Число**  **Точек** | **Диапазон параметров** | | **Отклонения, %** | |
| ***Т*, К** | ***р*, МПа** | **СОО** | **СКО** |
| 1951 | Дулиттл [20] | 6 | 267 – 474 | 0,1 | 0,888 | 1,416 |
| 1968 | Анонимус [36] | 5 | 273 – 372 | 0,1 | 0,519 | 0,556 |
| 1959 | Голубев [37] | 16 | 273 – 473 | Насыщ. | 0,701 | 0,932 |
| 1998 | Ву [38] | 4 | 298 – 313 | 0,1 | 0,896 | 0,896 |
| 1972 | Керамиди [39] | 7 | 288 – 368 | 0,1 | 2,008 | 2,890 |
| 1972 | Керамиди [39] | 42 | 304 - 492 | 0,1 – 49,0 | 1,109 | 1,424 |
| 1973 | Люстерник [45] | 21 | 273 – 773 | 0,05 | 0,151 | 0,117 |
| 2004 | Чмыхало [46] | 22 | 270 – 670 | Насыщ. | 1,730 | 2,080 |

Анализ отклонений экспериментальных данных различных авторов позволяет заключить, что вероятная ошибка расчета коэффициента динамической вязкости составляет 2,5 %, возрастая в области экстраполяции до 3,0 – 5,0 %. Об интерполяционных и экстраполяционных возможностях уравнения можно судить по представленной на рисунке Б.10 диаграмме поверхности состояния.



Рисунок. Б.9 – Сравнение значений вязкости н-Тридекана с экспериментальными данными различных авторов.

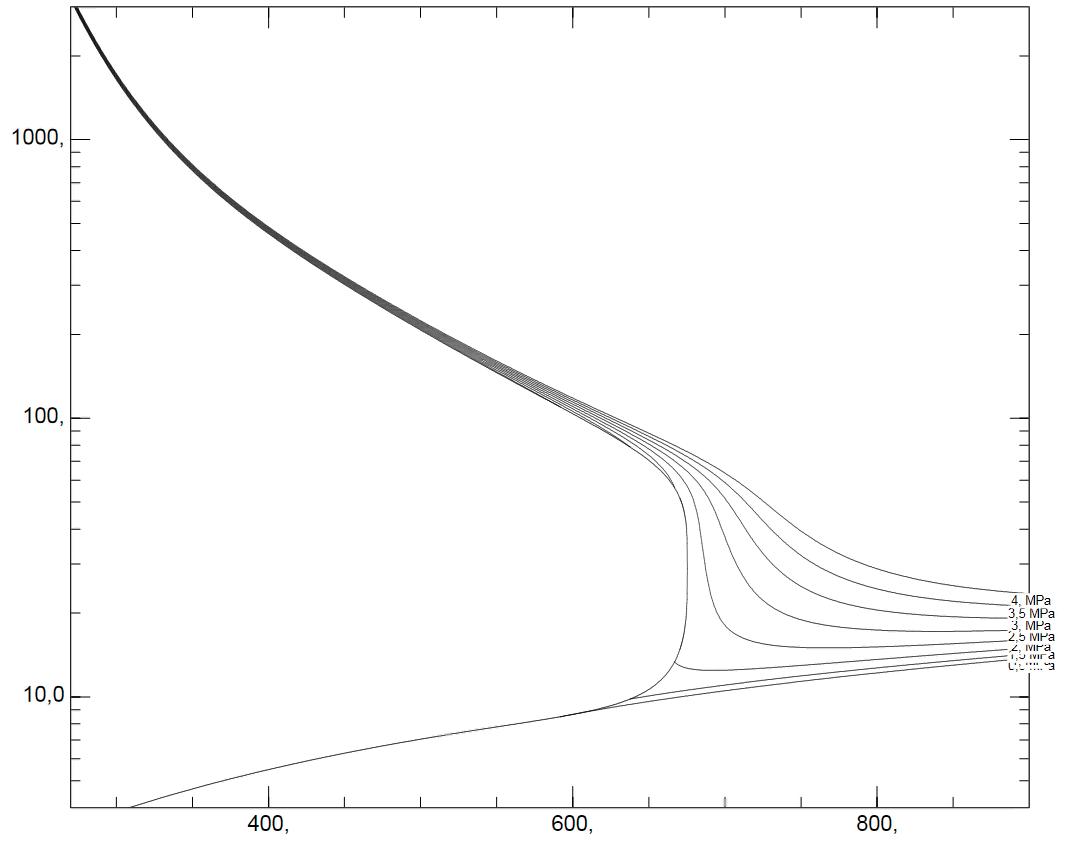


Рисунок Б.10 – Диаграмма вязкость – температура н-Тридекана.

**Б.2.2 ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ**

В таблице Б.3 представлены результаты сравнения экспериментальных данных о теплопроводности н-Тридекана с расчетами по разработанным уравнениям, а на рисунке Б.11 показан характер отклонений.

Для получения интерполяционного уравнения в обрабатываемый массив были включены широкодиапазонные данные Мустафаева [42, 43], полученные методом монотонного разогрева с погрешностью ±2,0 % и данные Богатова [40], полученные стационарным методом нагретой проволоки с погрешностью ±1,5 %. Остальные немногочисленные данные использовались для проверки полученного уравнения.

Таблица Б.3 – Результаты сравнения экспериментальных данных о теплопроводности н-Тридекана с рассчитанными по уравнению (21) значениями.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Год | Первый автор, | Число | Диапазон параметров | | Отклонения, % | |
|  | Источник | точек | *Т*, К | *Р*, МПа | СОО | СКО |
| 1973 | Мустафаев [42] | 16 | 527 – 662 | 0,1 | 0,635 | 0,751 |
| 1974 | Мухамедзянов [41] | 12 | 273 – 493 | 0,1 | 4,232 | 4,444 |
| 1980 | Мустафаев [43] | 246 | 308 – 678 | 0,1 – 49,0 | 0,479 | 0,642 |
| 1982 | Мустафа [44] | 57 | 308 – 346 | 24 – 468 | 0,354 | 0,426 |
| 1992 | Богатов [40] | 59 | 302 – 459 | 0,1 – 49,1 | 0,852 | 1,239 |

Анализ отклонений экспериментальных данных, представленных в таблице Б.3, позволяет заключить, что вероятная ошибка расчета коэффициента теплопроводности н-Тридекана составляет 2,0 %.



Рисунок Б.11 – Сравнение расчетных значений теплопроводности н-Тридекана с экспериментальными данными различных авторов.

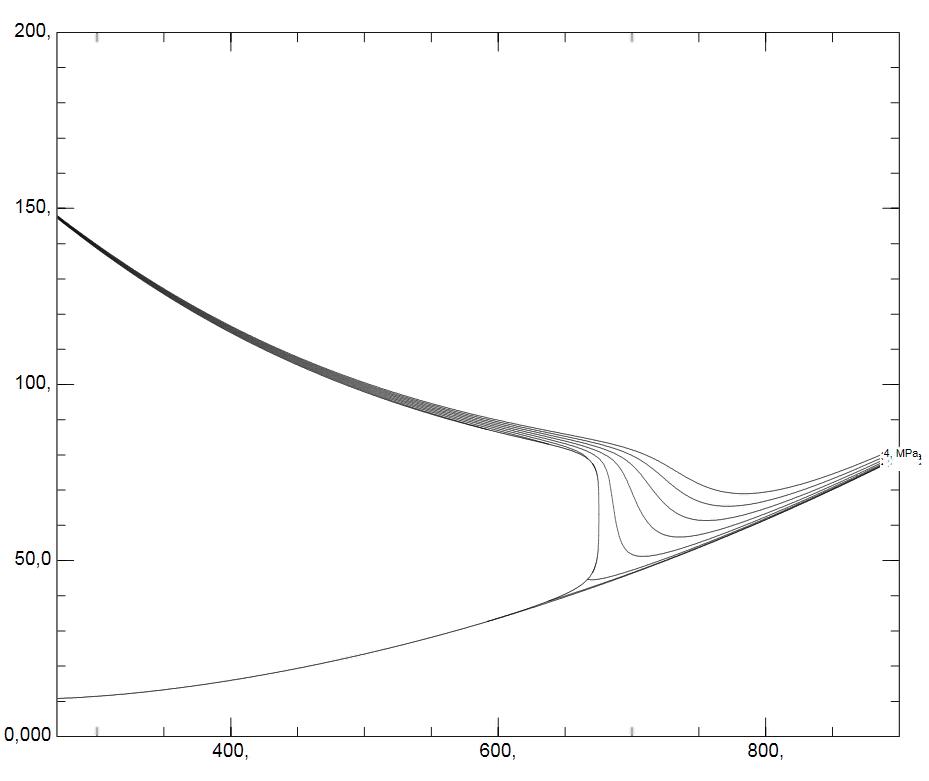


Рисунок Б.12 – Диаграмма теплопроводность – температура н-Тридекана.

Таблица Б.4 – Теплофизические свойства н-Тридекана в однофазной области

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***T*** | ***ρ*** | ***h*** | ***s*** | ***Cv*** | ***Cp*** | ***w*** | ***λ*** | ***η*** |
| **K** | **кг/м3** | **кДж/кг** | **кДж/кг\*К** | **кДж/кг\*К** | **кДж/кг\*К** | **м/с** | **мВт/м\*К** | **мкПа\*с** |
| p=0,1 МПа | | | | | | | | |
| 270,00 | 771,74 | 461,87 | 2,6193 | 1,7928 | 2,1497 | 1400,9 | 147,36 | 3186,6 |
| 280,00 | 764,83 | 483,49 | 2,6980 | 1,8224 | 2,1746 | 1361,9 | 144,37 | 2495,7 |
| 290,00 | 757,98 | 505,37 | 2,7747 | 1,8535 | 2,2017 | 1324,1 | 141,47 | 2003,8 |
| 300,00 | 751,16 | 527,53 | 2,8499 | 1,8856 | 2,2305 | 1287,3 | 138,64 | 1643,9 |
| 310,00 | 744,36 | 549,98 | 2,9235 | 1,9187 | 2,2607 | 1251,5 | 135,90 | 1374,3 |
| 320,00 | 737,59 | 572,75 | 2,9958 | 1,9524 | 2,2920 | 1216,7 | 133,24 | 1167,8 |
| 330,00 | 730,83 | 595,83 | 3,0668 | 1,9867 | 2,3244 | 1182,6 | 130,65 | 1006,6 |
| 340,00 | 724,06 | 619,24 | 3,1367 | 2,0214 | 2,3576 | 1149,3 | 128,15 | 878,37 |
| 350,00 | 717,29 | 642,98 | 3,2055 | 2,0564 | 2,3916 | 1116,7 | 125,73 | 774,56 |
| 360,00 | 710,51 | 667,07 | 3,2733 | 2,0916 | 2,4260 | 1084,7 | 123,39 | 689,14 |
| 370,00 | 703,69 | 691,50 | 3,3403 | 2,1270 | 2,4610 | 1053,3 | 121,13 | 617,79 |
| 380,00 | 696,85 | 716,29 | 3,4064 | 2,1623 | 2,4964 | 1022,4 | 118,94 | 557,35 |
| 390,00 | 689,96 | 741,43 | 3,4717 | 2,1976 | 2,5321 | 991,94 | 116,83 | 505,52 |
| 400,00 | 683,02 | 766,93 | 3,5363 | 2,2329 | 2,5681 | 961,90 | 114,79 | 460,57 |
| 410,00 | 676,01 | 792,80 | 3,6001 | 2,2680 | 2,6043 | 932,21 | 112,82 | 421,18 |
| 420,00 | 668,94 | 819,02 | 3,6633 | 2,3030 | 2,6407 | 902,84 | 110,91 | 386,37 |
| 430,00 | 661,78 | 845,61 | 3,7259 | 2,3378 | 2,6773 | 873,74 | 109,08 | 355,37 |
| 440,00 | 654,53 | 872,57 | 3,7878 | 2,3724 | 2,7141 | 844,86 | 107,30 | 327,58 |
| 450,00 | 647,17 | 899,89 | 3,8492 | 2,4068 | 2,7511 | 816,17 | 105,59 | 302,54 |
| 460,00 | 639,70 | 927,59 | 3,9101 | 2,4409 | 2,7882 | 787,61 | 103,94 | 279,86 |
| 470,00 | 632,08 | 955,66 | 3,9705 | 2,4747 | 2,8256 | 759,15 | 102,35 | 259,24 |
| 480,00 | 624,31 | 984,10 | 4,0304 | 2,5082 | 2,8632 | 730,73 | 100,82 | 240,43 |
| 490,00 | 616,37 | 1012,9 | 4,0898 | 2,5414 | 2,9012 | 702,30 | 99,338 | 223,22 |
| 500,00 | 608,24 | 1042,1 | 4,1488 | 2,5743 | 2,9395 | 673,80 | 97,909 | 207,43 |
| 510,00 | 4,6056 | 1322,9 | 4,7014 | 2,4780 | 2,5364 | 144,58 | 24,359 | 7,2085 |
| 520,00 | 4,4995 | 1348,4 | 4,7510 | 2,5139 | 2,5713 | 146,55 | 25,289 | 7,3819 |
| 530,00 | 4,3990 | 1374,3 | 4,8003 | 2,5492 | 2,6059 | 148,47 | 26,245 | 7,5543 |
| 540,00 | 4,3035 | 1400,5 | 4,8494 | 2,5841 | 2,6400 | 150,34 | 27,226 | 7,7258 |
| 550,00 | 4,2126 | 1427,1 | 4,8981 | 2,6183 | 2,6736 | 152,16 | 28,233 | 7,8965 |
| 560,00 | 4,1260 | 1454,0 | 4,9466 | 2,6521 | 2,7068 | 153,95 | 29,264 | 8,0664 |
| 570,00 | 4,0433 | 1481,2 | 4,9948 | 2,6853 | 2,7394 | 155,69 | 30,321 | 8,2356 |
| 580,00 | 3,9643 | 1508,8 | 5,0427 | 2,7179 | 2,7716 | 157,40 | 31,404 | 8,4041 |
| 590,00 | 3,8886 | 1536,6 | 5,0904 | 2,7501 | 2,8032 | 159,08 | 32,511 | 8,5720 |
| 600,00 | 3,8160 | 1564,8 | 5,1377 | 2,7817 | 2,8344 | 160,73 | 33,644 | 8,7393 |
| 610,00 | 3,7464 | 1593,3 | 5,1848 | 2,8127 | 2,8651 | 162,36 | 34,802 | 8,9061 |
| 620,00 | 3,6795 | 1622,1 | 5,2317 | 2,8433 | 2,8952 | 163,95 | 35,984 | 9,0724 |
| 630,00 | 3,6152 | 1651,2 | 5,2782 | 2,8733 | 2,9249 | 165,52 | 37,192 | 9,2382 |
| 640,00 | 3,5533 | 1680,6 | 5,3245 | 2,9027 | 2,9540 | 167,06 | 38,426 | 9,4036 |
| 650,00 | 3,4937 | 1710,3 | 5,3706 | 2,9317 | 2,9827 | 168,59 | 39,684 | 9,5685 |

*Продолжение таблицы Б.4*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***T*** | ***ρ*** | ***h*** | ***s*** | ***Cv*** | ***Cp*** | ***w*** | ***λ*** | ***η*** |
| **K** | **кг/м3** | **кДж/кг** | **кДж/кг\*К** | **кДж/кг\*К** | **кДж/кг\*К** | **м/с** | **мВт/м\*К** | **мкПа\*с** |
| 660,00 | 3,4361 | 1740,3 | 5,4163 | 2,9601 | 3,0109 | 170,09 | 40,967 | 9,7329 |
| 670,00 | 3,3806 | 1770,5 | 5,4618 | 2,9880 | 3,0385 | 171,57 | 42,275 | 9,8969 |
| 680,00 | 3,3270 | 1801,1 | 5,5070 | 3,0154 | 3,0657 | 173,03 | 43,609 | 10,061 |
| 690,00 | 3,2752 | 1831,8 | 5,5520 | 3,0423 | 3,0923 | 174,47 | 44,968 | 10,224 |
| 700,00 | 3,2251 | 1862,9 | 5,5966 | 3,0687 | 3,1185 | 175,90 | 46,352 | 10,387 |
| p=0,5 МПа | | | | | | | | |
| 270,00 | 771,98 | 462,26 | 2,6189 | 1,7931 | 2,1495 | 1403,0 | 147,42 | 3202,5 |
| 280,00 | 765,09 | 483,88 | 2,6975 | 1,8227 | 2,1745 | 1364,0 | 144,45 | 2508,1 |
| 290,00 | 758,25 | 505,76 | 2,7743 | 1,8537 | 2,2015 | 1326,3 | 141,56 | 2013,8 |
| 300,00 | 751,44 | 527,92 | 2,8494 | 1,8859 | 2,2303 | 1289,6 | 138,75 | 1652,2 |
| 310,00 | 744,66 | 550,37 | 2,9230 | 1,9189 | 2,2604 | 1253,9 | 136,01 | 1381,2 |
| 320,00 | 737,91 | 573,13 | 2,9953 | 1,9527 | 2,2918 | 1219,1 | 133,36 | 1173,8 |
| 330,00 | 731,16 | 596,21 | 3,0663 | 1,9870 | 2,3241 | 1185,1 | 130,79 | 1011,8 |
| 340,00 | 724,42 | 619,61 | 3,1361 | 2,0217 | 2,3573 | 1151,9 | 128,30 | 882,97 |
| 350,00 | 717,67 | 643,36 | 3,2050 | 2,0567 | 2,3912 | 1119,4 | 125,89 | 778,66 |
| 360,00 | 710,90 | 667,44 | 3,2728 | 2,0919 | 2,4256 | 1087,6 | 123,55 | 692,84 |
| 370,00 | 704,11 | 691,87 | 3,3397 | 2,1272 | 2,4605 | 1056,2 | 121,30 | 621,16 |
| 380,00 | 697,29 | 716,65 | 3,4058 | 2,1626 | 2,4958 | 1025,5 | 119,12 | 560,46 |
| 390,00 | 690,42 | 741,79 | 3,4711 | 2,1979 | 2,5315 | 995,12 | 117,01 | 508,40 |
| 400,00 | 683,51 | 767,28 | 3,5357 | 2,2331 | 2,5674 | 965,21 | 114,98 | 463,25 |
| 410,00 | 676,54 | 793,13 | 3,5995 | 2,2683 | 2,6035 | 935,66 | 113,01 | 423,70 |
| 420,00 | 669,50 | 819,35 | 3,6627 | 2,3033 | 2,6398 | 906,44 | 111,12 | 388,74 |
| 430,00 | 662,38 | 845,93 | 3,7252 | 2,3381 | 2,6763 | 877,51 | 109,29 | 357,62 |
| 440,00 | 655,17 | 872,88 | 3,7872 | 2,3726 | 2,7130 | 848,81 | 107,52 | 329,73 |
| 450,00 | 647,86 | 900,19 | 3,8485 | 2,4070 | 2,7498 | 820,31 | 105,82 | 304,59 |
| 460,00 | 640,43 | 927,88 | 3,9094 | 2,4411 | 2,7868 | 791,96 | 104,18 | 281,83 |
| 470,00 | 632,87 | 955,93 | 3,9697 | 2,4749 | 2,8240 | 763,72 | 102,60 | 261,14 |
| 480,00 | 625,16 | 984,36 | 4,0296 | 2,5084 | 2,8614 | 735,55 | 101,07 | 242,27 |
| 490,00 | 617,29 | 1013,2 | 4,0890 | 2,5416 | 2,8991 | 707,39 | 99,602 | 225,01 |
| 500,00 | 609,23 | 1042,3 | 4,1479 | 2,5745 | 2,9372 | 679,20 | 98,184 | 209,18 |
| 510,00 | 600,96 | 1071,9 | 4,2064 | 2,6070 | 2,9756 | 650,92 | 96,816 | 194,64 |
| 520,00 | 592,45 | 1101,9 | 4,2646 | 2,6393 | 3,0147 | 622,49 | 95,496 | 181,25 |
| 530,00 | 583,67 | 1132,2 | 4,3224 | 2,6712 | 3,0544 | 593,83 | 94,223 | 168,89 |
| 540,00 | 574,56 | 1162,9 | 4,3799 | 2,7028 | 3,0951 | 564,87 | 92,995 | 157,46 |
| 550,00 | 565,09 | 1194,1 | 4,4371 | 2,7341 | 3,1371 | 535,50 | 91,808 | 146,88 |
| 560,00 | 555,19 | 1225,7 | 4,4940 | 2,7651 | 3,1808 | 505,61 | 90,660 | 137,04 |
| 570,00 | 544,76 | 1257,7 | 4,5507 | 2,7958 | 3,2268 | 475,04 | 89,547 | 127,87 |
| 580,00 | 533,72 | 1290,2 | 4,6072 | 2,8262 | 3,2761 | 443,60 | 88,466 | 119,28 |
| 590,00 | 521,89 | 1323,3 | 4,6637 | 2,8564 | 3,3301 | 411,02 | 87,411 | 111,18 |
| 600,00 | 22,604 | 1550,3 | 5,0470 | 2,7996 | 2,9156 | 134,39 | 33,611 | 8,6589 |

*Продолжение таблицы Б.4*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***T*** | ***ρ*** | ***h*** | ***s*** | ***Cv*** | ***Cp*** | ***w*** | ***λ*** | ***η*** |
| **K** | **кг/м3** | **кДж/кг** | **кДж/кг\*К** | **кДж/кг\*К** | **кДж/кг\*К** | **м/с** | **мВт/м\*К** | **мкПа\*с** |
| 610,00 | 21,887 | 1579,5 | 5,0954 | 2,8290 | 2,9375 | 137,97 | 34,773 | 8,8624 |
| 620,00 | 21,236 | 1609,0 | 5,1433 | 2,8582 | 2,9606 | 141,29 | 35,959 | 9,0605 |
| 630,00 | 20,641 | 1638,8 | 5,1909 | 2,8871 | 2,9843 | 144,39 | 37,170 | 9,2539 |
| 640,00 | 20,092 | 1668,7 | 5,2381 | 2,9157 | 3,0085 | 147,32 | 38,406 | 9,4434 |
| 670,00 | 18,668 | 1760,1 | 5,3775 | 2,9988 | 3,0816 | 155,26 | 42,263 | 9,9929 |
| 680,00 | 18,253 | 1791,0 | 5,4234 | 3,0256 | 3,1059 | 157,67 | 43,599 | 10,171 |
| 690,00 | 17,861 | 1822,2 | 5,4689 | 3,0520 | 3,1299 | 160,00 | 44,959 | 10,347 |
| 700,00 | 17,492 | 1853,6 | 5,5141 | 3,0779 | 3,1538 | 162,24 | 46,345 | 10,521 |
| p=1 МПа | | | | | | | | |
| 270,00 | 772,29 | 462,75 | 2,6183 | 1,7935 | 2,1494 | 1405,5 | 147,51 | 3222,5 |
| 280,00 | 765,41 | 484,37 | 2,6969 | 1,8231 | 2,1743 | 1366,7 | 144,56 | 2523,7 |
| 290,00 | 758,58 | 506,25 | 2,7737 | 1,8541 | 2,2013 | 1329,0 | 141,68 | 2026,3 |
| 300,00 | 751,80 | 528,40 | 2,8488 | 1,8862 | 2,2300 | 1292,4 | 138,88 | 1662,5 |
| 310,00 | 745,04 | 550,85 | 2,9224 | 1,9193 | 2,2601 | 1256,8 | 136,16 | 1389,9 |
| 320,00 | 738,30 | 573,61 | 2,9946 | 1,9530 | 2,2914 | 1222,1 | 133,52 | 1181,3 |
| 330,00 | 731,58 | 596,68 | 3,0656 | 1,9873 | 2,3238 | 1188,3 | 130,96 | 1018,3 |
| 340,00 | 724,86 | 620,09 | 3,1355 | 2,0220 | 2,3569 | 1155,2 | 128,48 | 888,71 |
| 350,00 | 718,13 | 643,82 | 3,2043 | 2,0570 | 2,3907 | 1122,8 | 126,08 | 783,79 |
| 360,00 | 711,39 | 667,90 | 3,2721 | 2,0922 | 2,4251 | 1091,1 | 123,75 | 697,48 |
| 370,00 | 704,63 | 692,33 | 3,3391 | 2,1275 | 2,4599 | 1059,9 | 121,51 | 625,39 |
| 380,00 | 697,83 | 717,10 | 3,4051 | 2,1629 | 2,4951 | 1029,2 | 119,34 | 564,34 |
| 390,00 | 691,00 | 742,23 | 3,4704 | 2,1982 | 2,5307 | 999,07 | 117,24 | 511,99 |
| 400,00 | 684,13 | 767,72 | 3,5349 | 2,2334 | 2,5665 | 969,31 | 115,21 | 466,60 |
| 410,00 | 677,19 | 793,56 | 3,5987 | 2,2686 | 2,6025 | 939,94 | 113,26 | 426,84 |
| 420,00 | 670,19 | 819,77 | 3,6619 | 2,3035 | 2,6388 | 910,91 | 111,37 | 391,70 |
| 430,00 | 663,12 | 846,34 | 3,7244 | 2,3383 | 2,6751 | 882,17 | 109,55 | 360,43 |
| 440,00 | 655,96 | 873,27 | 3,7863 | 2,3729 | 2,7117 | 853,69 | 107,80 | 332,40 |
| 450,00 | 648,70 | 900,57 | 3,8477 | 2,4072 | 2,7483 | 825,42 | 106,11 | 307,15 |
| 460,00 | 641,33 | 928,24 | 3,9085 | 2,4413 | 2,7851 | 797,32 | 104,48 | 284,29 |
| 470,00 | 633,84 | 956,27 | 3,9688 | 2,4751 | 2,8221 | 769,36 | 102,91 | 263,51 |
| 480,00 | 626,21 | 984,68 | 4,0286 | 2,5086 | 2,8593 | 741,49 | 101,39 | 244,57 |
| 490,00 | 618,42 | 1013,5 | 4,0879 | 2,5418 | 2,8967 | 713,66 | 99,931 | 227,24 |
| 500,00 | 610,46 | 1042,6 | 4,1468 | 2,5747 | 2,9343 | 685,84 | 98,524 | 211,36 |
| 510,00 | 602,29 | 1072,1 | 4,2053 | 2,6072 | 2,9724 | 657,96 | 97,169 | 196,77 |
| 520,00 | 593,91 | 1102,1 | 4,2634 | 2,6395 | 3,0109 | 629,98 | 95,863 | 183,34 |
| 530,00 | 585,26 | 1132,4 | 4,3211 | 2,6714 | 3,0500 | 601,84 | 94,604 | 170,96 |
| 540,00 | 576,33 | 1163,1 | 4,3785 | 2,7029 | 3,0899 | 573,46 | 93,390 | 159,53 |
| 550,00 | 567,05 | 1194,2 | 4,4356 | 2,7342 | 3,1308 | 544,76 | 92,220 | 148,94 |
| 560,00 | 557,39 | 1225,7 | 4,4923 | 2,7651 | 3,1731 | 515,65 | 91,089 | 139,12 |
| 570,00 | 547,26 | 1257,6 | 4,5489 | 2,7957 | 3,2173 | 486,01 | 89,996 | 129,99 |

*Продолжение таблицы Б.4*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***T*** | ***ρ*** | ***h*** | ***s*** | ***Cv*** | ***Cp*** | ***w*** | ***λ*** | ***η*** |
| **K** | **кг/м3** | **кДж/кг** | **кДж/кг\*К** | **кДж/кг\*К** | **кДж/кг\*К** | **м/с** | **мВт/м\*К** | **мкПа\*с** |
| 580,00 | 536,58 | 1290,0 | 4,6053 | 2,8261 | 3,2640 | 455,68 | 88,936 | 121,45 |
| 590,00 | 525,22 | 1322,9 | 4,6615 | 2,8561 | 3,3144 | 424,48 | 87,905 | 113,44 |
| 600,00 | 513,02 | 1356,3 | 4,7176 | 2,8860 | 3,3700 | 392,13 | 86,896 | 105,86 |
| 610,00 | 499,72 | 1390,4 | 4,7739 | 2,9157 | 3,4338 | 358,25 | 85,902 | 98,606 |
| 620,00 | 484,95 | 1425,1 | 4,8303 | 2,9453 | 3,5109 | 322,25 | 84,906 | 91,550 |
| 630,00 | 468,05 | 1460,7 | 4,8872 | 2,9752 | 3,6127 | 283,12 | 83,883 | 84,495 |
| 640,00 | 52,297 | 1646,5 | 5,1788 | 2,9458 | 3,2517 | 107,63 | 38,767 | 9,8802 |
| 650,00 | 49,193 | 1678,8 | 5,2290 | 2,9694 | 3,2184 | 115,45 | 39,965 | 10,084 |
| 660,00 | 46,711 | 1710,9 | 5,2780 | 2,9938 | 3,2065 | 121,95 | 41,208 | 10,282 |
| 670,00 | 44,643 | 1743,0 | 5,3262 | 3,0186 | 3,2057 | 127,57 | 42,487 | 10,476 |
| 680,00 | 42,869 | 1775,1 | 5,3737 | 3,0434 | 3,2117 | 132,55 | 43,799 | 10,665 |
| 690,00 | 41,318 | 1807,2 | 5,4207 | 3,0681 | 3,2217 | 137,05 | 45,141 | 10,850 |
| 700,00 | 39,940 | 1839,5 | 5,4671 | 3,0927 | 3,2346 | 141,15 | 46,512 | 11,031 |
| p=1,5 МПа | | | | | | | | |
| 270,00 | 772,59 | 463,24 | 2,6177 | 1,7938 | 2,1493 | 1408,1 | 147,59 | 3242,6 |
| 280,00 | 765,73 | 484,86 | 2,6963 | 1,8234 | 2,1742 | 1369,3 | 144,66 | 2539,3 |
| 290,00 | 758,92 | 506,73 | 2,7731 | 1,8544 | 2,2011 | 1331,7 | 141,80 | 2038,9 |
| 300,00 | 752,15 | 528,89 | 2,8482 | 1,8866 | 2,2298 | 1295,2 | 139,01 | 1672,8 |
| 310,00 | 745,41 | 551,33 | 2,9218 | 1,9196 | 2,2599 | 1259,7 | 136,31 | 1398,6 |
| 320,00 | 738,69 | 574,09 | 2,9940 | 1,9533 | 2,2911 | 1225,2 | 133,68 | 1188,7 |
| 330,00 | 731,99 | 597,16 | 3,0650 | 1,9876 | 2,3234 | 1191,4 | 131,13 | 1024,8 |
| 340,00 | 725,29 | 620,56 | 3,1349 | 2,0223 | 2,3565 | 1158,5 | 128,66 | 894,46 |
| 350,00 | 718,59 | 644,29 | 3,2037 | 2,0573 | 2,3902 | 1126,2 | 126,27 | 788,93 |
| 360,00 | 711,87 | 668,36 | 3,2715 | 2,0925 | 2,4245 | 1094,6 | 123,95 | 702,11 |
| 370,00 | 705,14 | 692,78 | 3,3384 | 2,1278 | 2,4593 | 1063,5 | 121,72 | 629,61 |
| 380,00 | 698,38 | 717,55 | 3,4044 | 2,1632 | 2,4945 | 1033,0 | 119,55 | 568,22 |
| 390,00 | 691,58 | 742,67 | 3,4697 | 2,1985 | 2,5300 | 1003,0 | 117,47 | 515,59 |
| 400,00 | 684,73 | 768,15 | 3,5342 | 2,2337 | 2,5657 | 973,38 | 115,45 | 469,94 |
| 410,00 | 677,84 | 793,99 | 3,5980 | 2,2689 | 2,6016 | 944,18 | 113,51 | 429,97 |
| 420,00 | 670,88 | 820,19 | 3,6611 | 2,3038 | 2,6377 | 915,33 | 111,63 | 394,66 |
| 430,00 | 663,85 | 846,74 | 3,7236 | 2,3386 | 2,6740 | 886,78 | 109,82 | 363,23 |
| 440,00 | 656,74 | 873,67 | 3,7855 | 2,3732 | 2,7104 | 858,51 | 108,07 | 335,07 |
| 450,00 | 649,53 | 900,95 | 3,8468 | 2,4075 | 2,7469 | 830,47 | 106,39 | 309,70 |
| 460,00 | 642,22 | 928,60 | 3,9076 | 2,4416 | 2,7835 | 802,61 | 104,77 | 286,73 |
| 470,00 | 634,80 | 956,62 | 3,9678 | 2,4754 | 2,8203 | 774,91 | 103,21 | 265,87 |
| 480,00 | 627,24 | 985,01 | 4,0276 | 2,5088 | 2,8572 | 747,33 | 101,71 | 246,85 |
| 490,00 | 619,53 | 1013,8 | 4,0869 | 2,5420 | 2,8943 | 719,82 | 100,26 | 229,45 |
| 500,00 | 611,66 | 1042,9 | 4,1457 | 2,5749 | 2,9316 | 692,34 | 98,862 | 213,52 |
| 510,00 | 603,60 | 1072,4 | 4,2042 | 2,6074 | 2,9693 | 664,85 | 97,519 | 198,88 |
| 520,00 | 595,33 | 1102,3 | 4,2622 | 2,6396 | 3,0073 | 637,30 | 96,226 | 185,42 |
| 530,00 | 586,82 | 1132,5 | 4,3198 | 2,6715 | 3,0458 | 609,64 | 94,981 | 173,01 |

*Продолжение таблицы Б.4*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***T*** | ***ρ*** | ***h*** | ***s*** | ***Cv*** | ***Cp*** | ***w*** | ***λ*** | ***η*** |
| **K** | **кг/м3** | **кДж/кг** | **кДж/кг\*К** | **кДж/кг\*К** | **кДж/кг\*К** | **м/с** | **мВт/м\*К** | **мкПа\*с** |
| 540,00 | 578,04 | 1163,2 | 4,3771 | 2,7030 | 3,0850 | 581,80 | 93,783 | 161,56 |
| 550,00 | 568,95 | 1194,3 | 4,4341 | 2,7343 | 3,1250 | 553,72 | 92,627 | 150,97 |
| 560,00 | 559,50 | 1225,7 | 4,4908 | 2,7651 | 3,1661 | 525,33 | 91,514 | 141,16 |
| 570,00 | 549,64 | 1257,6 | 4,5472 | 2,7957 | 3,2088 | 496,52 | 90,439 | 132,04 |
| 580,00 | 539,28 | 1289,9 | 4,6034 | 2,8260 | 3,2534 | 467,18 | 89,399 | 123,55 |
| 590,00 | 528,34 | 1322,7 | 4,6594 | 2,8559 | 3,3008 | 437,17 | 88,391 | 115,61 |
| 600,00 | 516,67 | 1355,9 | 4,7153 | 2,8857 | 3,3521 | 406,30 | 87,409 | 108,13 |
| 610,00 | 504,10 | 1389,7 | 4,7712 | 2,9152 | 3,4092 | 374,31 | 86,446 | 101,03 |
| 620,00 | 490,35 | 1424,1 | 4,8271 | 2,9445 | 3,4751 | 340,84 | 85,490 | 94,212 |
| 630,00 | 475,00 | 1459,3 | 4,8833 | 2,9739 | 3,5558 | 305,33 | 84,522 | 87,536 |
| 640,00 | 457,33 | 1495,3 | 4,9401 | 3,0034 | 3,6635 | 266,83 | 83,509 | 80,802 |
| 650,00 | 435,85 | 1532,7 | 4,9981 | 3,0336 | 3,8320 | 223,51 | 82,372 | 73,640 |
| 660,00 | 406,56 | 1572,6 | 5,0590 | 3,0657 | 4,2005 | 170,63 | 80,864 | 65,105 |
| 670,00 | 99,761 | 1710,5 | 5,2660 | 3,0639 | 4,2393 | 76,496 | 44,551 | 12,976 |
| 680,00 | 86,229 | 1749,4 | 5,3236 | 3,0762 | 3,6821 | 93,397 | 45,087 | 12,544 |
| 690,00 | 78,538 | 1785,3 | 5,3760 | 3,0944 | 3,5209 | 104,60 | 46,092 | 12,451 |
| 700,00 | 73,116 | 1820,1 | 5,4261 | 3,1147 | 3,4500 | 113,28 | 47,268 | 12,467 |
| p=2 МПа | | | | | | | | |
| 270,00 | 772,89 | 463,74 | 2,6171 | 1,7942 | 2,1491 | 1410,6 | 147,68 | 3262,7 |
| 280,00 | 766,05 | 485,35 | 2,6957 | 1,8238 | 2,1740 | 1371,9 | 144,76 | 2555,0 |
| 290,00 | 759,25 | 507,22 | 2,7725 | 1,8548 | 2,2009 | 1334,4 | 141,92 | 2051,5 |
| 300,00 | 752,50 | 529,37 | 2,8476 | 1,8869 | 2,2295 | 1298,0 | 139,15 | 1683,2 |
| 310,00 | 745,78 | 551,82 | 2,9212 | 1,9199 | 2,2596 | 1262,6 | 136,45 | 1407,4 |
| 320,00 | 739,08 | 574,57 | 2,9934 | 1,9537 | 2,2908 | 1228,2 | 133,84 | 1196,2 |
| 330,00 | 732,40 | 597,64 | 3,0644 | 1,9880 | 2,3230 | 1194,5 | 131,30 | 1031,4 |
| 340,00 | 725,72 | 621,03 | 3,1342 | 2,0227 | 2,3561 | 1161,7 | 128,84 | 900,21 |
| 350,00 | 719,04 | 644,76 | 3,2030 | 2,0576 | 2,3898 | 1129,5 | 126,46 | 794,07 |
| 360,00 | 712,35 | 668,83 | 3,2708 | 2,0928 | 2,4240 | 1098,0 | 124,15 | 706,75 |
| 370,00 | 705,65 | 693,24 | 3,3377 | 2,1281 | 2,4587 | 1067,1 | 121,93 | 633,84 |
| 380,00 | 698,91 | 718,00 | 3,4037 | 2,1635 | 2,4938 | 1036,7 | 119,77 | 572,10 |
| 390,00 | 692,15 | 743,12 | 3,4690 | 2,1988 | 2,5292 | 1006,9 | 117,69 | 519,17 |
| 400,00 | 685,34 | 768,59 | 3,5335 | 2,2340 | 2,5649 | 977,42 | 115,69 | 473,29 |
| 410,00 | 678,48 | 794,42 | 3,5972 | 2,2691 | 2,6007 | 948,38 | 113,75 | 433,10 |
| 420,00 | 671,56 | 820,61 | 3,6603 | 2,3041 | 2,6367 | 919,71 | 111,88 | 397,61 |
| 430,00 | 664,57 | 847,15 | 3,7228 | 2,3389 | 2,6729 | 891,35 | 110,08 | 366,02 |
| 440,00 | 657,51 | 874,06 | 3,7847 | 2,3735 | 2,7091 | 863,28 | 108,35 | 337,72 |
| 450,00 | 650,35 | 901,34 | 3,8459 | 2,4078 | 2,7455 | 835,45 | 106,67 | 312,23 |
| 460,00 | 643,10 | 928,97 | 3,9067 | 2,4418 | 2,7820 | 807,84 | 105,06 | 289,17 |
| 470,00 | 635,74 | 956,98 | 3,9669 | 2,4756 | 2,8185 | 780,39 | 103,51 | 268,21 |
| 480,00 | 628,25 | 985,34 | 4,0266 | 2,5091 | 2,8552 | 753,09 | 102,02 | 249,11 |
| 490,00 | 620,62 | 1014,1 | 4,0859 | 2,5423 | 2,8920 | 725,88 | 100,58 | 231,65 |

*Продолжение таблицы Б.4*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***T*** | ***ρ*** | ***h*** | ***s*** | ***Cv*** | ***Cp*** | ***w*** | ***λ*** | ***η*** |
| **K** | **кг/м3** | **кДж/кг** | **кДж/кг\*К** | **кДж/кг\*К** | **кДж/кг\*К** | **м/с** | **мВт/м\*К** | **мкПа\*с** |
| 500,00 | 612,83 | 1043,2 | 4,1447 | 2,5751 | 2,9291 | 698,73 | 99,198 | 215,66 |
| 510,00 | 604,87 | 1072,7 | 4,2031 | 2,6076 | 2,9663 | 671,61 | 97,867 | 200,97 |
| 520,00 | 596,71 | 1102,5 | 4,2610 | 2,6398 | 3,0039 | 644,46 | 96,587 | 187,47 |
| 530,00 | 588,33 | 1132,7 | 4,3186 | 2,6717 | 3,0419 | 617,25 | 95,356 | 175,03 |
| 540,00 | 579,70 | 1163,4 | 4,3758 | 2,7032 | 3,0804 | 589,92 | 94,171 | 163,56 |
| 550,00 | 570,78 | 1194,4 | 4,4327 | 2,7344 | 3,1196 | 562,42 | 93,031 | 152,96 |
| 560,00 | 561,54 | 1225,7 | 4,4893 | 2,7652 | 3,1597 | 534,67 | 91,934 | 143,15 |
| 570,00 | 551,92 | 1257,6 | 4,5456 | 2,7957 | 3,2010 | 506,62 | 90,877 | 134,05 |
| 580,00 | 541,86 | 1289,8 | 4,6016 | 2,8259 | 3,2439 | 478,16 | 89,857 | 125,59 |
| 590,00 | 531,27 | 1322,4 | 4,6574 | 2,8558 | 3,2889 | 449,20 | 88,871 | 117,70 |
| 600,00 | 520,07 | 1355,6 | 4,7131 | 2,8854 | 3,3369 | 419,60 | 87,913 | 110,30 |
| 610,00 | 508,10 | 1389,2 | 4,7687 | 2,9148 | 3,3890 | 389,18 | 86,979 | 103,31 |
| 620,00 | 495,16 | 1423,4 | 4,8243 | 2,9439 | 3,4473 | 357,71 | 86,059 | 96,668 |
| 630,00 | 480,99 | 1458,2 | 4,8799 | 2,9729 | 3,5149 | 324,88 | 85,139 | 90,255 |
| 640,00 | 465,12 | 1493,7 | 4,9359 | 3,0020 | 3,5978 | 290,19 | 84,197 | 83,942 |
| 650,00 | 446,79 | 1530,2 | 4,9925 | 3,0312 | 3,7089 | 252,86 | 83,187 | 77,532 |
| 660,00 | 424,49 | 1568,1 | 5,0503 | 3,0610 | 3,8807 | 211,49 | 82,013 | 70,668 |
| 670,00 | 394,40 | 1608,4 | 5,1109 | 3,0927 | 4,2318 | 163,03 | 80,377 | 62,507 |
| 680,00 | 339,13 | 1655,9 | 5,1813 | 3,1316 | 5,8020 | 99,214 | 76,502 | 49,472 |
| 690,00 | 196,33 | 1732,2 | 5,2926 | 3,1621 | 6,8372 | 67,479 | 57,528 | 24,115 |
| 700,00 | 142,11 | 1786,2 | 5,3704 | 3,1571 | 4,5324 | 80,392 | 51,753 | 18,074 |
| p=2,5 МПа | | | | | | | | |
| 270,00 | 773,19 | 464,23 | 2,6166 | 1,7945 | 2,1490 | 1413,1 | 147,77 | 3282,9 |
| 280,00 | 766,36 | 485,84 | 2,6952 | 1,8241 | 2,1738 | 1374,5 | 144,87 | 2570,7 |
| 290,00 | 759,59 | 507,71 | 2,7719 | 1,8551 | 2,2007 | 1337,1 | 142,04 | 2064,1 |
| 300,00 | 752,85 | 529,86 | 2,8470 | 1,8872 | 2,2293 | 1300,8 | 139,28 | 1693,6 |
| 310,00 | 746,15 | 552,30 | 2,9206 | 1,9203 | 2,2593 | 1265,5 | 136,60 | 1416,1 |
| 320,00 | 739,47 | 575,05 | 2,9928 | 1,9540 | 2,2905 | 1231,2 | 133,99 | 1203,7 |
| 330,00 | 732,81 | 598,11 | 3,0638 | 1,9883 | 2,3227 | 1197,6 | 131,47 | 1037,9 |
| 340,00 | 726,15 | 621,51 | 3,1336 | 2,0230 | 2,3557 | 1164,9 | 129,02 | 905,98 |
| 350,00 | 719,50 | 645,23 | 3,2024 | 2,0580 | 2,3893 | 1132,8 | 126,65 | 799,21 |
| 360,00 | 712,83 | 669,29 | 3,2702 | 2,0931 | 2,4235 | 1101,5 | 124,35 | 711,39 |
| 370,00 | 706,15 | 693,70 | 3,3370 | 2,1284 | 2,4582 | 1070,7 | 122,13 | 638,06 |
| 380,00 | 699,45 | 718,46 | 3,4030 | 2,1638 | 2,4932 | 1040,4 | 119,99 | 575,98 |
| 390,00 | 692,71 | 743,57 | 3,4683 | 2,1991 | 2,5285 | 1010,7 | 117,92 | 522,76 |
| 400,00 | 685,94 | 769,03 | 3,5327 | 2,2343 | 2,5641 | 981,42 | 115,92 | 476,63 |
| 410,00 | 679,11 | 794,85 | 3,5965 | 2,2694 | 2,5999 | 952,55 | 114,00 | 436,23 |
| 420,00 | 672,23 | 821,03 | 3,6596 | 2,3044 | 2,6358 | 924,04 | 112,14 | 400,56 |
| 430,00 | 665,29 | 847,57 | 3,7220 | 2,3392 | 2,6718 | 895,87 | 110,35 | 368,81 |
| 440,00 | 658,27 | 874,46 | 3,7838 | 2,3737 | 2,7079 | 868,00 | 108,62 | 340,37 |
| 450,00 | 651,17 | 901,72 | 3,8451 | 2,4080 | 2,7441 | 840,38 | 106,96 | 314,76 |

*Продолжение таблицы Б.4*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***T*** | ***ρ*** | ***h*** | ***s*** | ***Cv*** | ***Cp*** | ***w*** | ***λ*** | ***η*** |
| **K** | **кг/м3** | **кДж/кг** | **кДж/кг\*К** | **кДж/кг\*К** | **кДж/кг\*К** | **м/с** | **мВт/м\*К** | **мкПа\*с** |
| 460,00 | 643,97 | 929,35 | 3,9058 | 2,4421 | 2,7804 | 812,99 | 105,35 | 291,59 |
| 470,00 | 636,67 | 957,33 | 3,9660 | 2,4759 | 2,8168 | 785,79 | 103,81 | 270,54 |
| 480,00 | 629,24 | 985,68 | 4,0257 | 2,5093 | 2,8533 | 758,75 | 102,33 | 251,36 |
| 490,00 | 621,69 | 1014,4 | 4,0849 | 2,5425 | 2,8899 | 731,84 | 100,90 | 233,83 |
| 500,00 | 613,99 | 1043,5 | 4,1436 | 2,5753 | 2,9266 | 705,01 | 99,532 | 217,78 |
| 510,00 | 606,12 | 1072,9 | 4,2020 | 2,6078 | 2,9635 | 678,23 | 98,213 | 203,04 |
| 520,00 | 598,07 | 1102,8 | 4,2599 | 2,6400 | 3,0007 | 651,47 | 96,945 | 189,50 |
| 530,00 | 589,81 | 1132,9 | 4,3174 | 2,6718 | 3,0382 | 624,68 | 95,727 | 177,03 |
| 540,00 | 581,32 | 1163,5 | 4,3745 | 2,7033 | 3,0761 | 597,83 | 94,556 | 165,53 |
| 550,00 | 572,56 | 1194,5 | 4,4313 | 2,7345 | 3,1146 | 570,86 | 93,431 | 154,91 |
| 560,00 | 563,50 | 1225,8 | 4,4878 | 2,7653 | 3,1538 | 543,72 | 92,350 | 145,10 |
| 570,00 | 554,10 | 1257,6 | 4,5440 | 2,7957 | 3,1940 | 516,35 | 91,310 | 136,01 |
| 580,00 | 544,31 | 1289,7 | 4,5999 | 2,8259 | 3,2354 | 488,69 | 90,309 | 127,57 |
| 590,00 | 534,05 | 1322,3 | 4,6555 | 2,8557 | 3,2784 | 460,65 | 89,343 | 119,71 |
| 600,00 | 523,25 | 1355,3 | 4,7110 | 2,8852 | 3,3237 | 432,15 | 88,409 | 112,37 |
| 610,00 | 511,79 | 1388,7 | 4,7664 | 2,9144 | 3,3721 | 403,06 | 87,502 | 105,48 |
| 620,00 | 499,53 | 1422,7 | 4,8216 | 2,9434 | 3,4247 | 373,23 | 86,615 | 98,962 |
| 630,00 | 486,27 | 1457,3 | 4,8769 | 2,9722 | 3,4836 | 342,48 | 85,736 | 92,739 |
| 640,00 | 471,72 | 1492,4 | 4,9322 | 3,0009 | 3,5520 | 310,54 | 84,851 | 86,713 |
| 650,00 | 455,41 | 1528,4 | 4,9879 | 3,0295 | 3,6357 | 277,06 | 83,931 | 80,757 |
| 660,00 | 436,62 | 1565,2 | 5,0442 | 3,0583 | 3,7461 | 241,51 | 82,924 | 74,688 |
| 670,00 | 413,93 | 1603,4 | 5,1017 | 3,0877 | 3,9096 | 203,13 | 81,718 | 68,195 |
| 680,00 | 384,35 | 1643,8 | 5,1615 | 3,1184 | 4,1996 | 160,93 | 80,016 | 60,659 |
| 690,00 | 340,01 | 1688,6 | 5,2268 | 3,1524 | 4,8347 | 116,08 | 76,776 | 50,634 |
| 700,00 | 272,13 | 1740,6 | 5,3017 | 3,1864 | 5,3586 | 88,702 | 69,361 | 37,437 |
| p=3 МПа | | | | | | | | |
| 270,00 | 773,49 | 464,72 | 2,6160 | 1,7949 | 2,1489 | 1415,6 | 147,85 | 3303,2 |
| 280,00 | 766,68 | 486,33 | 2,6946 | 1,8245 | 2,1737 | 1377,1 | 144,97 | 2586,5 |
| 290,00 | 759,92 | 508,20 | 2,7713 | 1,8554 | 2,2005 | 1339,8 | 142,16 | 2076,8 |
| 300,00 | 753,20 | 530,35 | 2,8464 | 1,8876 | 2,2291 | 1303,6 | 139,41 | 1704,1 |
| 310,00 | 746,52 | 552,79 | 2,9200 | 1,9206 | 2,2590 | 1268,4 | 136,75 | 1424,9 |
| 320,00 | 739,86 | 575,53 | 2,9922 | 1,9543 | 2,2902 | 1234,1 | 134,15 | 1211,2 |
| 330,00 | 733,21 | 598,59 | 3,0631 | 1,9886 | 2,3223 | 1200,7 | 131,64 | 1044,4 |
| 340,00 | 726,58 | 621,98 | 3,1330 | 2,0233 | 2,3553 | 1168,1 | 129,20 | 911,74 |
| 350,00 | 719,95 | 645,70 | 3,2017 | 2,0583 | 2,3889 | 1136,1 | 126,84 | 804,36 |
| 360,00 | 713,31 | 669,76 | 3,2695 | 2,0934 | 2,4230 | 1104,9 | 124,55 | 716,03 |
| 370,00 | 706,66 | 694,16 | 3,3364 | 2,1287 | 2,4576 | 1074,2 | 122,34 | 642,28 |
| 380,00 | 699,98 | 718,91 | 3,4024 | 2,1641 | 2,4926 | 1044,1 | 120,21 | 579,86 |
| 390,00 | 693,27 | 744,01 | 3,4676 | 2,1994 | 2,5278 | 1014,5 | 118,15 | 526,34 |
| 400,00 | 686,53 | 769,47 | 3,5320 | 2,2346 | 2,5633 | 985,39 | 116,16 | 479,96 |
| 410,00 | 679,74 | 795,28 | 3,5957 | 2,2697 | 2,5990 | 956,67 | 114,24 | 439,35 |

*Продолжение таблицы Б.4*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***T*** | ***ρ*** | ***h*** | ***s*** | ***Cv*** | ***Cp*** | ***w*** | ***λ*** | ***η*** |
| **K** | **кг/м3** | **кДж/кг** | **кДж/кг\*К** | **кДж/кг\*К** | **кДж/кг\*К** | **м/с** | **мВт/м\*К** | **мкПа\*с** |
| 420,00 | 672,90 | 821,45 | 3,6588 | 2,3047 | 2,6348 | 928,34 | 112,39 | 403,49 |
| 430,00 | 666,00 | 847,98 | 3,7212 | 2,3395 | 2,6707 | 900,35 | 110,61 | 371,59 |
| 440,00 | 659,02 | 874,87 | 3,7830 | 2,3740 | 2,7067 | 872,66 | 108,89 | 343,01 |
| 450,00 | 651,97 | 902,11 | 3,8443 | 2,4083 | 2,7428 | 845,25 | 107,24 | 317,28 |
| 460,00 | 644,82 | 929,72 | 3,9049 | 2,4424 | 2,7790 | 818,08 | 105,64 | 294,01 |
| 470,00 | 637,58 | 957,69 | 3,9651 | 2,4761 | 2,8152 | 791,12 | 104,11 | 272,87 |
| 480,00 | 630,22 | 986,03 | 4,0247 | 2,5096 | 2,8514 | 764,34 | 102,64 | 253,60 |
| 490,00 | 622,74 | 1014,7 | 4,0839 | 2,5427 | 2,8878 | 737,70 | 101,22 | 236,00 |
| 500,00 | 615,12 | 1043,8 | 4,1426 | 2,5756 | 2,9243 | 711,18 | 99,863 | 219,88 |
| 510,00 | 607,34 | 1073,2 | 4,2009 | 2,6080 | 2,9609 | 684,73 | 98,555 | 205,10 |
| 520,00 | 599,39 | 1103,0 | 4,2587 | 2,6402 | 2,9977 | 658,33 | 97,300 | 191,51 |
| 530,00 | 591,25 | 1133,2 | 4,3162 | 2,6720 | 3,0347 | 631,95 | 96,094 | 179,00 |
| 540,00 | 582,89 | 1163,7 | 4,3733 | 2,7035 | 3,0721 | 605,54 | 94,937 | 167,47 |
| 550,00 | 574,28 | 1194,6 | 4,4300 | 2,7346 | 3,1099 | 579,06 | 93,827 | 156,84 |
| 560,00 | 565,40 | 1225,9 | 4,4864 | 2,7654 | 3,1483 | 552,48 | 92,761 | 147,01 |
| 570,00 | 556,21 | 1257,6 | 4,5424 | 2,7958 | 3,1875 | 525,74 | 91,738 | 137,92 |
| 580,00 | 546,66 | 1289,7 | 4,5982 | 2,8259 | 3,2276 | 498,80 | 90,755 | 129,50 |
| 590,00 | 536,69 | 1322,1 | 4,6537 | 2,8556 | 3,2690 | 471,60 | 89,809 | 121,67 |
| 600,00 | 526,25 | 1355,0 | 4,7090 | 2,8851 | 3,3122 | 444,06 | 88,898 | 114,37 |
| 610,00 | 515,23 | 1388,4 | 4,7642 | 2,9142 | 3,3575 | 416,11 | 88,016 | 107,55 |
| 620,00 | 503,54 | 1422,2 | 4,8191 | 2,9430 | 3,4060 | 387,65 | 87,159 | 101,13 |
| 630,00 | 491,02 | 1456,5 | 4,8741 | 2,9716 | 3,4588 | 358,58 | 86,317 | 95,043 |
| 640,00 | 477,48 | 1491,4 | 4,9290 | 3,0000 | 3,5178 | 328,75 | 85,480 | 89,220 |
| 650,00 | 462,62 | 1526,9 | 4,9840 | 3,0283 | 3,5858 | 298,00 | 84,628 | 83,567 |
| 660,00 | 446,02 | 1563,2 | 5,0394 | 3,0565 | 3,6678 | 266,14 | 83,730 | 77,968 |
| 670,00 | 427,00 | 1600,3 | 5,0953 | 3,0848 | 3,7727 | 232,94 | 82,730 | 72,265 |
| 680,00 | 404,46 | 1638,7 | 5,1522 | 3,1135 | 3,9173 | 198,34 | 81,513 | 66,220 |
| 690,00 | 376,43 | 1678,9 | 5,2108 | 3,1430 | 4,1313 | 162,93 | 79,831 | 59,464 |
| 700,00 | 340,03 | 1721,7 | 5,2723 | 3,1734 | 4,4295 | 130,17 | 77,137 | 51,545 |
| p=4 МПа | | | | | | | | |
| 270,00 | 774,09 | 465,70 | 2,6149 | 1,7956 | 2,1486 | 1420,6 | 148,03 | 3344,1 |
| 280,00 | 767,30 | 487,31 | 2,6934 | 1,8251 | 2,1734 | 1382,3 | 145,18 | 2618,2 |
| 290,00 | 760,57 | 509,18 | 2,7702 | 1,8561 | 2,2002 | 1345,1 | 142,40 | 2102,2 |
| 300,00 | 753,89 | 531,32 | 2,8452 | 1,8882 | 2,2286 | 1309,1 | 139,68 | 1725,0 |
| 310,00 | 747,24 | 553,75 | 2,9188 | 1,9213 | 2,2585 | 1274,1 | 137,04 | 1442,5 |
| 320,00 | 740,62 | 576,49 | 2,9910 | 1,9550 | 2,2896 | 1240,0 | 134,47 | 1226,3 |
| 330,00 | 734,02 | 599,55 | 3,0619 | 1,9892 | 2,3217 | 1206,8 | 131,98 | 1057,5 |
| 340,00 | 727,43 | 622,93 | 3,1317 | 2,0239 | 2,3545 | 1174,4 | 129,56 | 923,30 |
| 350,00 | 720,84 | 646,64 | 3,2004 | 2,0589 | 2,3880 | 1142,7 | 127,22 | 814,66 |
| 360,00 | 714,25 | 670,69 | 3,2682 | 2,0941 | 2,4221 | 1111,7 | 124,95 | 725,32 |
| 370,00 | 707,65 | 695,08 | 3,3350 | 2,1293 | 2,4566 | 1081,3 | 122,76 | 650,73 |

*Продолжение таблицы Б.4*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***T*** | ***ρ*** | ***h*** | ***s*** | ***Cv*** | ***Cp*** | ***w*** | ***λ*** | ***η*** |
| **K** | **кг/м3** | **кДж/кг** | **кДж/кг\*К** | **кДж/кг\*К** | **кДж/кг\*К** | **м/с** | **мВт/м\*К** | **мкПа\*с** |
| 380,00 | 701,03 | 719,82 | 3,4010 | 2,1647 | 2,4914 | 1051,4 | 120,64 | 587,61 |
| 390,00 | 694,38 | 744,91 | 3,4662 | 2,2000 | 2,5265 | 1022,1 | 118,60 | 533,51 |
| 400,00 | 687,70 | 770,36 | 3,5306 | 2,2352 | 2,5619 | 993,24 | 116,63 | 486,62 |
| 410,00 | 680,98 | 796,15 | 3,5943 | 2,2703 | 2,5974 | 964,82 | 114,72 | 445,59 |
| 420,00 | 674,21 | 822,30 | 3,6573 | 2,3053 | 2,6330 | 936,81 | 112,89 | 409,36 |
| 430,00 | 667,39 | 848,81 | 3,7197 | 2,3400 | 2,6687 | 909,16 | 111,13 | 377,13 |
| 440,00 | 660,50 | 875,68 | 3,7814 | 2,3746 | 2,7045 | 881,85 | 109,43 | 348,27 |
| 450,00 | 653,54 | 902,90 | 3,8426 | 2,4089 | 2,7403 | 854,83 | 107,79 | 322,30 |
| 460,00 | 646,50 | 930,48 | 3,9032 | 2,4429 | 2,7762 | 828,08 | 106,22 | 298,81 |
| 470,00 | 639,37 | 958,42 | 3,9633 | 2,4766 | 2,8120 | 801,57 | 104,71 | 277,47 |
| 480,00 | 632,14 | 986,72 | 4,0229 | 2,5101 | 2,8480 | 775,28 | 103,25 | 258,04 |
| 490,00 | 624,79 | 1015,4 | 4,0820 | 2,5432 | 2,8839 | 749,17 | 101,86 | 240,30 |
| 500,00 | 617,32 | 1044,4 | 4,1406 | 2,5760 | 2,9199 | 723,21 | 100,52 | 224,05 |
| 510,00 | 609,72 | 1073,8 | 4,1988 | 2,6085 | 2,9559 | 697,38 | 99,233 | 209,15 |
| 520,00 | 601,96 | 1103,5 | 4,2565 | 2,6406 | 2,9920 | 671,66 | 98,001 | 195,47 |
| 530,00 | 594,03 | 1133,6 | 4,3139 | 2,6724 | 3,0283 | 646,01 | 96,820 | 182,88 |
| 540,00 | 585,91 | 1164,1 | 4,3708 | 2,7038 | 3,0648 | 620,42 | 95,689 | 171,29 |
| 550,00 | 577,58 | 1194,9 | 4,4274 | 2,7349 | 3,1015 | 594,84 | 94,606 | 160,61 |
| 560,00 | 569,01 | 1226,1 | 4,4836 | 2,7656 | 3,1385 | 569,26 | 93,570 | 150,75 |
| 570,00 | 560,19 | 1257,7 | 4,5395 | 2,7959 | 3,1760 | 543,64 | 92,579 | 141,64 |
| 580,00 | 551,06 | 1289,6 | 4,5951 | 2,8259 | 3,2141 | 517,95 | 91,630 | 133,22 |
| 590,00 | 541,61 | 1322,0 | 4,6503 | 2,8556 | 3,2530 | 492,17 | 90,722 | 125,42 |
| 600,00 | 531,77 | 1354,7 | 4,7053 | 2,8849 | 3,2928 | 466,25 | 89,852 | 118,18 |
| 610,00 | 521,49 | 1387,8 | 4,7601 | 2,9139 | 3,3339 | 440,18 | 89,016 | 111,44 |
| 620,00 | 510,71 | 1421,4 | 4,8147 | 2,9425 | 3,3766 | 413,90 | 88,212 | 105,15 |
| 630,00 | 499,34 | 1455,4 | 4,8690 | 2,9708 | 3,4215 | 387,39 | 87,434 | 99,247 |
| 640,00 | 487,28 | 1489,8 | 4,9233 | 2,9989 | 3,4691 | 360,63 | 86,675 | 93,684 |
| 650,00 | 474,38 | 1524,8 | 4,9775 | 3,0266 | 3,5205 | 333,59 | 85,925 | 88,396 |
| 660,00 | 460,47 | 1560,3 | 5,0316 | 3,0542 | 3,5769 | 306,27 | 85,171 | 83,320 |
| 670,00 | 445,33 | 1596,3 | 5,0859 | 3,0815 | 3,6398 | 278,74 | 84,390 | 78,386 |
| 680,00 | 428,66 | 1633,1 | 5,1403 | 3,1087 | 3,7114 | 251,15 | 83,551 | 73,512 |
| 690,00 | 410,08 | 1670,6 | 5,1951 | 3,1358 | 3,7939 | 223,83 | 82,603 | 68,610 |
| 700,00 | 389,15 | 1709,0 | 5,2503 | 3,1628 | 3,8877 | 197,52 | 81,467 | 63,590 |
| p=5 МПа | | | | | | | | |
| 270,00 | 774,68 | 466,69 | 2,6137 | 1,7963 | 2,1484 | 1425,6 | 148,21 | 3385,2 |
| 280,00 | 767,92 | 488,29 | 2,6923 | 1,8258 | 2,1731 | 1387,4 | 145,40 | 2650,1 |
| 290,00 | 761,23 | 510,16 | 2,7690 | 1,8568 | 2,1998 | 1350,4 | 142,64 | 2127,7 |
| 300,00 | 754,58 | 532,30 | 2,8441 | 1,8889 | 2,2282 | 1314,6 | 139,95 | 1746,0 |
| 310,00 | 747,96 | 554,73 | 2,9176 | 1,9219 | 2,2580 | 1279,8 | 137,34 | 1460,2 |
| 320,00 | 741,38 | 577,46 | 2,9898 | 1,9556 | 2,2890 | 1245,9 | 134,79 | 1241,4 |
| 330,00 | 734,82 | 600,51 | 3,0607 | 1,9899 | 2,3210 | 1212,9 | 132,32 | 1070,7 |

*Продолжение таблицы Б.4*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***T*** | ***ρ*** | ***h*** | ***s*** | ***Cv*** | ***Cp*** | ***w*** | ***λ*** | ***η*** |
| **K** | **кг/м3** | **кДж/кг** | **кДж/кг\*К** | **кДж/кг\*К** | **кДж/кг\*К** | **м/с** | **мВт/м\*К** | **мкПа\*с** |
| 340,00 | 728,27 | 623,88 | 3,1305 | 2,0246 | 2,3538 | 1180,6 | 129,92 | 934,87 |
| 350,00 | 721,73 | 647,59 | 3,1992 | 2,0595 | 2,3872 | 1149,2 | 127,59 | 824,98 |
| 360,00 | 715,18 | 671,63 | 3,2669 | 2,0947 | 2,4211 | 1118,4 | 125,35 | 734,62 |
| 370,00 | 708,63 | 696,01 | 3,3337 | 2,1299 | 2,4555 | 1088,2 | 123,17 | 659,19 |
| 380,00 | 702,06 | 720,74 | 3,3997 | 2,1653 | 2,4903 | 1058,6 | 121,07 | 595,35 |
| 390,00 | 695,47 | 745,82 | 3,4648 | 2,2006 | 2,5252 | 1029,5 | 119,05 | 540,66 |
| 400,00 | 688,85 | 771,25 | 3,5292 | 2,2358 | 2,5604 | 1001,0 | 117,09 | 493,27 |
| 410,00 | 682,20 | 797,03 | 3,5928 | 2,2709 | 2,5958 | 972,84 | 115,21 | 451,80 |
| 420,00 | 675,50 | 823,16 | 3,6558 | 2,3058 | 2,6313 | 945,13 | 113,39 | 415,20 |
| 430,00 | 668,76 | 849,65 | 3,7181 | 2,3406 | 2,6668 | 917,82 | 111,64 | 382,65 |
| 440,00 | 661,95 | 876,50 | 3,7799 | 2,3751 | 2,7024 | 890,85 | 109,96 | 353,51 |
| 450,00 | 655,08 | 903,70 | 3,8410 | 2,4094 | 2,7380 | 864,20 | 108,34 | 327,28 |
| 460,00 | 648,14 | 931,26 | 3,9016 | 2,4434 | 2,7735 | 837,85 | 106,79 | 303,57 |
| 470,00 | 641,12 | 959,17 | 3,9616 | 2,4771 | 2,8091 | 811,76 | 105,29 | 282,04 |
| 480,00 | 634,00 | 987,44 | 4,0211 | 2,5106 | 2,8447 | 785,92 | 103,86 | 262,44 |
| 490,00 | 626,78 | 1016,1 | 4,0801 | 2,5437 | 2,8803 | 760,29 | 102,48 | 244,54 |
| 500,00 | 619,46 | 1045,0 | 4,1387 | 2,5765 | 2,9158 | 734,86 | 101,16 | 228,16 |
| 510,00 | 612,00 | 1074,4 | 4,1968 | 2,6089 | 2,9514 | 709,60 | 99,901 | 213,14 |
| 520,00 | 604,42 | 1104,1 | 4,2544 | 2,6410 | 2,9869 | 684,49 | 98,691 | 199,36 |
| 530,00 | 596,68 | 1134,1 | 4,3116 | 2,6728 | 3,0225 | 659,51 | 97,534 | 186,68 |
| 540,00 | 588,78 | 1164,5 | 4,3685 | 2,7042 | 3,0582 | 634,64 | 96,428 | 175,02 |
| 550,00 | 580,70 | 1195,3 | 4,4249 | 2,7352 | 3,0940 | 609,86 | 95,371 | 164,27 |
| 560,00 | 572,41 | 1226,4 | 4,4810 | 2,7659 | 3,1300 | 585,15 | 94,362 | 154,37 |
| 570,00 | 563,91 | 1257,9 | 4,5367 | 2,7962 | 3,1662 | 560,49 | 93,400 | 145,23 |
| 580,00 | 555,15 | 1289,7 | 4,5921 | 2,8261 | 3,2027 | 535,87 | 92,483 | 136,79 |
| 590,00 | 546,12 | 1321,9 | 4,6472 | 2,8557 | 3,2396 | 511,26 | 91,609 | 128,99 |
| 600,00 | 536,78 | 1354,5 | 4,7019 | 2,8849 | 3,2771 | 486,67 | 90,777 | 121,77 |
| 610,00 | 527,10 | 1387,5 | 4,7564 | 2,9137 | 3,3152 | 462,07 | 89,983 | 115,07 |
| 620,00 | 517,02 | 1420,8 | 4,8106 | 2,9422 | 3,3542 | 437,46 | 89,225 | 108,85 |
| 630,00 | 506,51 | 1454,6 | 4,8646 | 2,9704 | 3,3943 | 412,85 | 88,500 | 103,06 |
| 640,00 | 495,49 | 1488,7 | 4,9184 | 2,9982 | 3,4357 | 388,24 | 87,804 | 97,636 |
| 650,00 | 483,89 | 1523,3 | 4,9720 | 3,0256 | 3,4787 | 363,65 | 87,130 | 92,547 |
| 660,00 | 471,63 | 1558,3 | 5,0254 | 3,0528 | 3,5238 | 339,15 | 86,472 | 87,741 |
| 670,00 | 458,61 | 1593,8 | 5,0788 | 3,0796 | 3,5712 | 314,80 | 85,818 | 83,169 |
| 680,00 | 444,72 | 1629,7 | 5,1320 | 3,1062 | 3,6213 | 290,77 | 85,157 | 78,783 |
| 690,00 | 429,82 | 1666,2 | 5,1853 | 3,1325 | 3,6742 | 267,25 | 84,468 | 74,538 |
| 700,00 | 413,81 | 1703,2 | 5,2386 | 3,1584 | 3,7295 | 244,61 | 83,729 | 70,388 |
| p=10 МПа | | | | | | | | |
| 270,00 | 777,57 | 471,63 | 2,6081 | 1,7998 | 2,1474 | 1449,9 | 149,14 | 3595,5 |
| 280,00 | 770,96 | 493,22 | 2,6867 | 1,8293 | 2,1718 | 1412,5 | 146,49 | 2812,7 |
| 290,00 | 764,41 | 515,07 | 2,7633 | 1,8602 | 2,1982 | 1376,3 | 143,88 | 2257,7 |

*Продолжение таблицы Б.4*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***T*** | ***ρ*** | ***h*** | ***s*** | ***Cv*** | ***Cp*** | ***w*** | ***λ*** | ***η*** |
| **K** | **кг/м3** | **кДж/кг** | **кДж/кг\*К** | **кДж/кг\*К** | **кДж/кг\*К** | **м/с** | **мВт/м\*К** | **мкПа\*с** |
| 300,00 | 757,92 | 537,19 | 2,8383 | 1,8922 | 2,2263 | 1341,3 | 141,32 | 1852,7 |
| 310,00 | 751,47 | 559,60 | 2,9118 | 1,9252 | 2,2559 | 1307,3 | 138,82 | 1549,6 |
| 320,00 | 745,06 | 582,31 | 2,9839 | 1,9588 | 2,2865 | 1274,3 | 136,38 | 1317,8 |
| 330,00 | 738,68 | 605,33 | 3,0548 | 1,9931 | 2,3181 | 1242,2 | 134,01 | 1137,0 |
| 340,00 | 732,33 | 628,68 | 3,1244 | 2,0277 | 2,3505 | 1210,9 | 131,71 | 993,16 |
| 350,00 | 725,99 | 652,35 | 3,1930 | 2,0626 | 2,3835 | 1180,4 | 129,47 | 876,86 |
| 360,00 | 719,66 | 676,35 | 3,2607 | 2,0977 | 2,4171 | 1150,7 | 127,31 | 781,27 |
| 370,00 | 713,34 | 700,69 | 3,3273 | 2,1330 | 2,4510 | 1121,6 | 125,22 | 701,53 |
| 380,00 | 707,02 | 725,37 | 3,3932 | 2,1682 | 2,4852 | 1093,1 | 123,20 | 634,09 |
| 390,00 | 700,69 | 750,39 | 3,4582 | 2,2035 | 2,5197 | 1065,2 | 121,25 | 576,36 |
| 400,00 | 694,35 | 775,76 | 3,5224 | 2,2387 | 2,5543 | 1037,9 | 119,37 | 526,39 |
| 410,00 | 688,00 | 801,48 | 3,5859 | 2,2738 | 2,5890 | 1011,1 | 117,57 | 482,70 |
| 420,00 | 681,62 | 827,54 | 3,6487 | 2,3087 | 2,6238 | 984,71 | 115,83 | 444,17 |
| 430,00 | 675,21 | 853,95 | 3,7108 | 2,3434 | 2,6585 | 958,82 | 114,16 | 409,94 |
| 440,00 | 668,77 | 880,71 | 3,7724 | 2,3779 | 2,6933 | 933,36 | 112,56 | 379,33 |
| 450,00 | 662,30 | 907,82 | 3,8333 | 2,4121 | 2,7279 | 908,30 | 111,02 | 351,81 |
| 460,00 | 655,78 | 935,27 | 3,8936 | 2,4461 | 2,7625 | 883,62 | 109,54 | 326,95 |
| 470,00 | 649,21 | 963,07 | 3,9534 | 2,4798 | 2,7970 | 859,31 | 108,13 | 304,40 |
| 480,00 | 642,59 | 991,21 | 4,0126 | 2,5132 | 2,8313 | 835,34 | 106,78 | 283,88 |
| 490,00 | 635,92 | 1019,7 | 4,0714 | 2,5462 | 2,8655 | 811,71 | 105,50 | 265,16 |
| 500,00 | 629,17 | 1048,5 | 4,1296 | 2,5789 | 2,8995 | 788,39 | 104,27 | 248,04 |
| 510,00 | 622,36 | 1077,7 | 4,1874 | 2,6113 | 2,9333 | 765,38 | 103,10 | 232,36 |
| 520,00 | 615,48 | 1107,2 | 4,2446 | 2,6433 | 2,9670 | 742,66 | 101,99 | 217,98 |
| 530,00 | 608,51 | 1137,0 | 4,3015 | 2,6750 | 3,0004 | 720,24 | 100,93 | 204,77 |
| 540,00 | 601,45 | 1167,2 | 4,3579 | 2,7062 | 3,0336 | 698,09 | 99,928 | 192,63 |
| 550,00 | 594,30 | 1197,7 | 4,4138 | 2,7371 | 3,0666 | 676,23 | 98,981 | 181,47 |
| 560,00 | 587,05 | 1228,5 | 4,4694 | 2,7677 | 3,0994 | 654,64 | 98,088 | 171,20 |
| 570,00 | 579,69 | 1259,7 | 4,5245 | 2,7978 | 3,1319 | 633,33 | 97,247 | 161,74 |
| 580,00 | 572,22 | 1291,2 | 4,5793 | 2,8275 | 3,1642 | 612,31 | 96,458 | 153,04 |
| 590,00 | 564,62 | 1323,0 | 4,6336 | 2,8569 | 3,1963 | 591,57 | 95,720 | 145,02 |
| 600,00 | 556,90 | 1355,1 | 4,6876 | 2,8858 | 3,2281 | 571,13 | 95,032 | 137,64 |
| 610,00 | 549,04 | 1387,5 | 4,7412 | 2,9143 | 3,2596 | 550,99 | 94,393 | 130,84 |
| 620,00 | 541,04 | 1420,3 | 4,7945 | 2,9425 | 3,2909 | 531,18 | 93,803 | 124,58 |
| 630,00 | 532,89 | 1453,3 | 4,8474 | 2,9702 | 3,3218 | 511,72 | 93,261 | 118,80 |
| 640,00 | 524,58 | 1486,7 | 4,9000 | 2,9975 | 3,3524 | 492,63 | 92,765 | 113,48 |
| 650,00 | 516,12 | 1520,4 | 4,9522 | 3,0244 | 3,3827 | 473,94 | 92,316 | 108,58 |
| 660,00 | 507,48 | 1554,4 | 5,0040 | 3,0509 | 3,4126 | 455,68 | 91,911 | 104,05 |
| 670,00 | 498,68 | 1588,6 | 5,0556 | 3,0770 | 3,4420 | 437,90 | 91,552 | 99,866 |
| 680,00 | 489,70 | 1623,2 | 5,1068 | 3,1026 | 3,4709 | 420,64 | 91,235 | 95,998 |
| 690,00 | 480,56 | 1658,1 | 5,1577 | 3,1278 | 3,4991 | 403,95 | 90,961 | 92,418 |
| 700,00 | 471,24 | 1693,2 | 5,2082 | 3,1526 | 3,5267 | 387,89 | 90,728 | 89,097 |

*Продолжение таблицы Б.4*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***T*** | ***ρ*** | ***h*** | ***s*** | ***Cv*** | ***Cp*** | ***w*** | ***λ*** | ***η*** |
| **K** | **кг/м3** | **кДж/кг** | **кДж/кг\*К** | **кДж/кг\*К** | **кДж/кг\*К** | **м/с** | **мВт/м\*К** | **мкПа\*с** |
| p=20 МПа | | | | | | | | |
| 280,00 | 776,70 | 503,13 | 2,6759 | 1,8360 | 2,1700 | 1460,0 | 148,80 | 3154,4 |
| 290,00 | 770,42 | 524,96 | 2,7525 | 1,8668 | 2,1960 | 1425,2 | 146,45 | 2529,0 |
| 300,00 | 764,20 | 547,05 | 2,8274 | 1,8987 | 2,2236 | 1391,6 | 144,12 | 2074,0 |
| 310,00 | 758,05 | 569,43 | 2,9008 | 1,9315 | 2,2526 | 1359,1 | 141,82 | 1734,3 |
| 320,00 | 751,94 | 592,11 | 2,9728 | 1,9651 | 2,2828 | 1327,6 | 139,57 | 1474,9 |
| 330,00 | 745,88 | 615,09 | 3,0435 | 1,9992 | 2,3138 | 1297,0 | 137,37 | 1272,7 |
| 340,00 | 739,86 | 638,39 | 3,1130 | 2,0338 | 2,3456 | 1267,3 | 135,23 | 1112,0 |
| 350,00 | 733,87 | 662,01 | 3,1815 | 2,0686 | 2,3781 | 1238,4 | 133,15 | 982,24 |
| 360,00 | 727,91 | 685,95 | 3,2490 | 2,1037 | 2,4110 | 1210,4 | 131,13 | 875,67 |
| 370,00 | 721,97 | 710,23 | 3,3155 | 2,1389 | 2,4442 | 1183,0 | 129,18 | 786,87 |
| 380,00 | 716,05 | 734,84 | 3,3811 | 2,1741 | 2,4777 | 1156,3 | 127,29 | 711,87 |
| 390,00 | 710,15 | 759,78 | 3,4459 | 2,2093 | 2,5114 | 1130,3 | 125,48 | 647,75 |
| 400,00 | 704,26 | 785,07 | 3,5099 | 2,2444 | 2,5453 | 1104,8 | 123,73 | 592,33 |
| 410,00 | 698,38 | 810,69 | 3,5732 | 2,2794 | 2,5791 | 1080,0 | 122,05 | 543,96 |
| 420,00 | 692,50 | 836,65 | 3,6357 | 2,3143 | 2,6130 | 1055,7 | 120,44 | 501,36 |
| 430,00 | 686,62 | 862,95 | 3,6976 | 2,3490 | 2,6468 | 1031,9 | 118,89 | 463,57 |
| 440,00 | 680,74 | 889,58 | 3,7588 | 2,3834 | 2,6805 | 1008,6 | 117,41 | 429,82 |
| 450,00 | 674,85 | 916,56 | 3,8195 | 2,4176 | 2,7141 | 985,83 | 116,00 | 399,52 |
| 460,00 | 668,96 | 943,87 | 3,8795 | 2,4515 | 2,7476 | 963,51 | 114,65 | 372,16 |
| 470,00 | 663,06 | 971,51 | 3,9389 | 2,4851 | 2,7808 | 941,64 | 113,37 | 347,38 |
| 480,00 | 657,14 | 999,48 | 3,9978 | 2,5184 | 2,8138 | 920,20 | 112,15 | 324,84 |
| 490,00 | 651,22 | 1027,8 | 4,0562 | 2,5514 | 2,8465 | 899,19 | 111,00 | 304,29 |
| 500,00 | 645,27 | 1056,4 | 4,1140 | 2,5841 | 2,8790 | 878,59 | 109,90 | 285,51 |
| 510,00 | 639,31 | 1085,4 | 4,1713 | 2,6164 | 2,9112 | 858,40 | 108,87 | 268,30 |
| 520,00 | 633,32 | 1114,6 | 4,2282 | 2,6483 | 2,9431 | 838,60 | 107,90 | 252,51 |
| 530,00 | 627,32 | 1144,2 | 4,2845 | 2,6798 | 2,9746 | 819,20 | 106,98 | 238,02 |
| 540,00 | 621,29 | 1174,1 | 4,3404 | 2,7110 | 3,0058 | 800,19 | 106,13 | 224,68 |
| 550,00 | 615,24 | 1204,3 | 4,3959 | 2,7418 | 3,0366 | 781,57 | 105,33 | 212,42 |
| 560,00 | 609,16 | 1234,9 | 4,4509 | 2,7722 | 3,0671 | 763,33 | 104,59 | 201,12 |
| 570,00 | 603,06 | 1265,7 | 4,5054 | 2,8022 | 3,0971 | 745,47 | 103,91 | 190,71 |
| 580,00 | 596,93 | 1296,8 | 4,5595 | 2,8318 | 3,1267 | 728,00 | 103,28 | 181,13 |
| 590,00 | 590,77 | 1328,2 | 4,6132 | 2,8610 | 3,1559 | 710,92 | 102,71 | 172,29 |
| 600,00 | 584,58 | 1359,9 | 4,6665 | 2,8898 | 3,1847 | 694,22 | 102,19 | 164,14 |
| 610,00 | 578,37 | 1391,9 | 4,7194 | 2,9181 | 3,2130 | 677,92 | 101,73 | 156,64 |
| 620,00 | 572,14 | 1424,2 | 4,7719 | 2,9460 | 3,2408 | 662,02 | 101,33 | 149,72 |
| 630,00 | 565,87 | 1456,7 | 4,8239 | 2,9735 | 3,2681 | 646,52 | 100,97 | 143,34 |
| 640,00 | 559,59 | 1489,5 | 4,8756 | 3,0006 | 3,2950 | 631,42 | 100,67 | 137,47 |
| 650,00 | 553,28 | 1522,6 | 4,9269 | 3,0273 | 3,3213 | 616,75 | 100,42 | 132,05 |
| 660,00 | 546,95 | 1556,0 | 4,9778 | 3,0535 | 3,3470 | 602,49 | 100,23 | 127,06 |

*Продолжение таблицы Б.4*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***T*** | ***ρ*** | ***h*** | ***s*** | ***Cv*** | ***Cp*** | ***w*** | ***λ*** | ***η*** |
| **K** | **кг/м3** | **кДж/кг** | **кДж/кг\*К** | **кДж/кг\*К** | **кДж/кг\*К** | **м/с** | **мВт/м\*К** | **мкПа\*с** |
| 670,00 | 540,60 | 1589,6 | 5,0283 | 3,0793 | 3,3723 | 588,67 | 100,09 | 122,47 |
| 680,00 | 534,24 | 1623,4 | 5,0785 | 3,1046 | 3,3969 | 575,28 | 99,998 | 118,23 |
| 690,00 | 527,86 | 1657,5 | 5,1282 | 3,1295 | 3,4210 | 562,33 | 99,960 | 114,33 |
| 700,00 | 521,48 | 1691,8 | 5,1776 | 3,1540 | 3,4445 | 549,84 | 99,974 | 110,73 |
| p=40 МПа | | | | | | | | |
| 280,00 | 787,12 | 523,12 | 2,6560 | 1,8488 | 2,1688 | 1546,6 | 153,64 | 3913,0 |
| 290,00 | 781,27 | 544,93 | 2,7325 | 1,8794 | 2,1941 | 1514,0 | 151,69 | 3122,8 |
| 300,00 | 775,50 | 567,01 | 2,8073 | 1,9111 | 2,2210 | 1482,5 | 149,72 | 2553,1 |
| 310,00 | 769,80 | 589,36 | 2,8806 | 1,9437 | 2,2493 | 1452,2 | 147,74 | 2130,3 |
| 320,00 | 764,17 | 612,00 | 2,9525 | 1,9771 | 2,2788 | 1423,0 | 145,78 | 1808,7 |
| 330,00 | 758,60 | 634,94 | 3,0231 | 2,0110 | 2,3091 | 1394,7 | 143,85 | 1558,9 |
| 340,00 | 753,09 | 658,18 | 3,0925 | 2,0454 | 2,3402 | 1367,3 | 141,95 | 1361,0 |
| 350,00 | 747,63 | 681,74 | 3,1608 | 2,0801 | 2,3719 | 1340,8 | 140,09 | 1201,4 |
| 360,00 | 742,22 | 705,62 | 3,2280 | 2,1151 | 2,4040 | 1315,0 | 138,29 | 1070,7 |
| 370,00 | 736,85 | 729,82 | 3,2944 | 2,1501 | 2,4365 | 1290,1 | 136,54 | 962,06 |
| 380,00 | 731,52 | 754,35 | 3,3598 | 2,1852 | 2,4692 | 1265,8 | 134,84 | 870,53 |
| 390,00 | 726,22 | 779,21 | 3,4243 | 2,2203 | 2,5021 | 1242,3 | 133,21 | 792,48 |
| 400,00 | 720,97 | 804,39 | 3,4881 | 2,2553 | 2,5350 | 1219,4 | 131,64 | 725,19 |
| 410,00 | 715,74 | 829,91 | 3,5511 | 2,2902 | 2,5680 | 1197,1 | 130,13 | 666,59 |
| 420,00 | 710,54 | 855,75 | 3,6134 | 2,3250 | 2,6010 | 1175,4 | 128,69 | 615,13 |
| 430,00 | 705,37 | 881,93 | 3,6750 | 2,3596 | 2,6339 | 1154,3 | 127,31 | 569,58 |
| 440,00 | 700,23 | 908,43 | 3,7359 | 2,3939 | 2,6666 | 1133,7 | 126,00 | 528,98 |
| 450,00 | 695,11 | 935,26 | 3,7962 | 2,4280 | 2,6993 | 1113,6 | 124,74 | 492,58 |
| 460,00 | 690,01 | 962,42 | 3,8559 | 2,4619 | 2,7317 | 1094,1 | 123,56 | 459,78 |
| 470,00 | 684,93 | 989,89 | 3,9150 | 2,4954 | 2,7639 | 1075,0 | 122,44 | 430,09 |
| 480,00 | 679,87 | 1017,7 | 3,9735 | 2,5286 | 2,7958 | 1056,4 | 121,38 | 403,11 |
| 490,00 | 674,84 | 1045,8 | 4,0314 | 2,5616 | 2,8275 | 1038,3 | 120,38 | 378,51 |
| 500,00 | 669,81 | 1074,2 | 4,0889 | 2,5941 | 2,8588 | 1020,6 | 119,44 | 356,02 |
| 510,00 | 664,81 | 1103,0 | 4,1458 | 2,6263 | 2,8899 | 1003,3 | 118,57 | 335,40 |
| 520,00 | 659,82 | 1132,0 | 4,2022 | 2,6582 | 2,9206 | 986,51 | 117,76 | 316,48 |
| 530,00 | 654,85 | 1161,4 | 4,2581 | 2,6897 | 2,9509 | 970,10 | 117,00 | 299,06 |
| 540,00 | 649,89 | 1191,1 | 4,3136 | 2,7208 | 2,9809 | 954,10 | 116,31 | 283,02 |
| 550,00 | 644,95 | 1221,0 | 4,3685 | 2,7515 | 3,0105 | 938,49 | 115,67 | 268,21 |
| 560,00 | 640,03 | 1251,3 | 4,4231 | 2,7818 | 3,0397 | 923,27 | 115,10 | 254,55 |
| 570,00 | 635,12 | 1281,8 | 4,4771 | 2,8117 | 3,0685 | 908,45 | 114,57 | 241,92 |
| 580,00 | 630,22 | 1312,6 | 4,5307 | 2,8412 | 3,0969 | 894,00 | 114,11 | 230,23 |
| 590,00 | 625,35 | 1343,7 | 4,5839 | 2,8703 | 3,1249 | 879,92 | 113,70 | 219,42 |
| 600,00 | 620,48 | 1375,1 | 4,6367 | 2,8990 | 3,1524 | 866,22 | 113,35 | 209,41 |
| 610,00 | 615,64 | 1406,8 | 4,6890 | 2,9273 | 3,1795 | 852,88 | 113,05 | 200,14 |
| 620,00 | 610,81 | 1438,7 | 4,7409 | 2,9551 | 3,2061 | 839,90 | 112,81 | 191,55 |

*Продолжение таблицы Б.4*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***T*** | ***ρ*** | ***h*** | ***s*** | ***Cv*** | ***Cp*** | ***w*** | ***λ*** | ***η*** |
| **K** | **кг/м3** | **кДж/кг** | **кДж/кг\*К** | **кДж/кг\*К** | **кДж/кг\*К** | **м/с** | **мВт/м\*К** | **мкПа\*с** |
| 630,00 | 606,00 | 1470,9 | 4,7924 | 2,9825 | 3,2323 | 827,27 | 112,62 | 183,59 |
| 640,00 | 601,20 | 1503,4 | 4,8435 | 3,0095 | 3,2580 | 815,00 | 112,48 | 176,21 |
| 650,00 | 596,43 | 1536,1 | 4,8942 | 3,0360 | 3,2832 | 803,07 | 112,40 | 169,36 |
| 660,00 | 591,68 | 1569,0 | 4,9445 | 3,0621 | 3,3080 | 791,49 | 112,36 | 163,02 |
| 670,00 | 586,95 | 1602,2 | 4,9945 | 3,0878 | 3,3323 | 780,24 | 112,38 | 157,13 |
| 680,00 | 582,24 | 1635,7 | 5,0440 | 3,1130 | 3,3561 | 769,34 | 112,45 | 151,67 |
| 690,00 | 577,55 | 1669,3 | 5,0932 | 3,1378 | 3,3795 | 758,76 | 112,57 | 146,60 |
| 700,00 | 572,89 | 1703,3 | 5,1420 | 3,1622 | 3,4023 | 748,51 | 112,74 | 141,90 |
| p=60 МПа | | | | | | | | |
| 290,00 | 790,91 | 565,09 | 2,7143 | 1,8912 | 2,1944 | 1593,6 | 156,89 | 3797,5 |
| 300,00 | 785,48 | 587,16 | 2,7891 | 1,9227 | 2,2209 | 1563,8 | 155,18 | 3088,9 |
| 310,00 | 780,14 | 609,51 | 2,8624 | 1,9551 | 2,2487 | 1535,1 | 153,43 | 2567,4 |
| 320,00 | 774,87 | 632,14 | 2,9342 | 1,9883 | 2,2777 | 1507,5 | 151,68 | 2173,2 |
| 330,00 | 769,67 | 655,07 | 3,0048 | 2,0221 | 2,3076 | 1480,8 | 149,92 | 1868,3 |
| 340,00 | 764,54 | 678,30 | 3,0741 | 2,0563 | 2,3382 | 1455,0 | 148,19 | 1627,7 |
| 350,00 | 759,47 | 701,83 | 3,1424 | 2,0909 | 2,3694 | 1430,1 | 146,49 | 1434,4 |
| 360,00 | 754,45 | 725,68 | 3,2095 | 2,1256 | 2,4011 | 1406,0 | 144,82 | 1276,5 |
| 370,00 | 749,49 | 749,86 | 3,2758 | 2,1606 | 2,4331 | 1382,7 | 143,20 | 1145,6 |
| 380,00 | 744,58 | 774,35 | 3,3411 | 2,1955 | 2,4653 | 1360,1 | 141,63 | 1035,6 |
| 390,00 | 739,72 | 799,16 | 3,4055 | 2,2305 | 2,4978 | 1338,2 | 140,11 | 942,12 |
| 400,00 | 734,90 | 824,30 | 3,4692 | 2,2654 | 2,5303 | 1316,9 | 138,65 | 861,68 |
| 410,00 | 730,12 | 849,77 | 3,5321 | 2,3003 | 2,5628 | 1296,3 | 137,25 | 791,83 |
| 420,00 | 725,38 | 875,56 | 3,5942 | 2,3349 | 2,5953 | 1276,2 | 135,91 | 730,61 |
| 430,00 | 720,68 | 901,67 | 3,6557 | 2,3694 | 2,6278 | 1256,7 | 134,62 | 676,54 |
| 440,00 | 716,02 | 928,11 | 3,7164 | 2,4037 | 2,6601 | 1237,8 | 133,41 | 628,45 |
| 450,00 | 711,39 | 954,88 | 3,7766 | 2,4377 | 2,6923 | 1219,4 | 132,25 | 585,42 |
| 460,00 | 706,79 | 981,96 | 3,8361 | 2,4715 | 2,7243 | 1201,4 | 131,15 | 546,69 |
| 470,00 | 702,23 | 1009,4 | 3,8950 | 2,5049 | 2,7560 | 1184,0 | 130,12 | 511,67 |
| 480,00 | 697,70 | 1037,1 | 3,9534 | 2,5381 | 2,7875 | 1167,0 | 129,15 | 479,88 |
| 490,00 | 693,20 | 1065,1 | 4,0112 | 2,5710 | 2,8188 | 1150,5 | 128,24 | 450,91 |
| 500,00 | 688,72 | 1093,5 | 4,0685 | 2,6035 | 2,8497 | 1134,4 | 127,39 | 424,43 |
| 510,00 | 684,28 | 1122,1 | 4,1252 | 2,6356 | 2,8804 | 1118,7 | 126,60 | 400,16 |
| 520,00 | 679,86 | 1151,1 | 4,1814 | 2,6674 | 2,9107 | 1103,5 | 125,87 | 377,86 |
| 530,00 | 675,48 | 1180,3 | 4,2371 | 2,6988 | 2,9407 | 1088,6 | 125,20 | 357,33 |
| 540,00 | 671,12 | 1209,9 | 4,2924 | 2,7299 | 2,9703 | 1074,2 | 124,58 | 338,40 |
| 550,00 | 666,78 | 1239,7 | 4,3472 | 2,7605 | 2,9995 | 1060,1 | 124,03 | 320,91 |
| 560,00 | 662,47 | 1269,9 | 4,4015 | 2,7908 | 3,0284 | 1046,3 | 123,53 | 304,73 |
| 570,00 | 658,19 | 1300,3 | 4,4553 | 2,8207 | 3,0568 | 1033,0 | 123,09 | 289,74 |
| 580,00 | 653,93 | 1331,0 | 4,5087 | 2,8501 | 3,0849 | 1020,0 | 122,70 | 275,85 |

*Продолжение таблицы Б.4*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***T*** | ***ρ*** | ***h*** | ***s*** | ***Cv*** | ***Cp*** | ***w*** | ***λ*** | ***η*** |
| **K** | **кг/м3** | **кДж/кг** | **кДж/кг\*К** | **кДж/кг\*К** | **кДж/кг\*К** | **м/с** | **мВт/м\*К** | **мкПа\*с** |
| 590,00 | 649,70 | 1362,0 | 4,5617 | 2,8792 | 3,1126 | 1007,3 | 122,37 | 262,96 |
| 600,00 | 645,50 | 1393,2 | 4,6142 | 2,9078 | 3,1398 | 994,98 | 122,10 | 250,99 |
| 610,00 | 641,32 | 1424,8 | 4,6664 | 2,9360 | 3,1667 | 982,98 | 121,87 | 239,87 |
| 620,00 | 637,16 | 1456,6 | 4,7181 | 2,9638 | 3,1931 | 971,30 | 121,70 | 229,53 |
| 630,00 | 633,03 | 1488,6 | 4,7694 | 2,9911 | 3,2190 | 959,95 | 121,58 | 219,91 |
| 640,00 | 628,93 | 1521,0 | 4,8203 | 3,0181 | 3,2446 | 948,90 | 121,52 | 210,96 |
| 650,00 | 624,86 | 1553,5 | 4,8708 | 3,0445 | 3,2697 | 938,16 | 121,50 | 202,63 |
| 660,00 | 620,81 | 1586,3 | 4,9209 | 3,0706 | 3,2943 | 927,71 | 121,54 | 194,87 |
| 670,00 | 616,79 | 1619,4 | 4,9706 | 3,0962 | 3,3185 | 917,56 | 121,62 | 187,64 |
| 680,00 | 612,79 | 1652,7 | 5,0199 | 3,1214 | 3,3423 | 907,70 | 121,76 | 180,90 |
| 690,00 | 608,82 | 1686,3 | 5,0689 | 3,1462 | 3,3656 | 898,11 | 121,94 | 174,62 |
| 700,00 | 604,88 | 1720,0 | 5,1175 | 3,1705 | 3,3884 | 888,80 | 122,18 | 168,76 |
| p=80 МПа | | | | | | | | |
| 290,00 | 799,62 | 585,35 | 2,6975 | 1,9024 | 2,1961 | 1666,3 | 161,93 | 4570,1 |
| 300,00 | 794,47 | 607,44 | 2,7723 | 1,9336 | 2,2222 | 1637,8 | 160,41 | 3692,2 |
| 310,00 | 789,41 | 629,80 | 2,8457 | 1,9659 | 2,2497 | 1610,4 | 158,83 | 3052,9 |
| 320,00 | 784,44 | 652,44 | 2,9175 | 1,9989 | 2,2783 | 1584,0 | 157,21 | 2573,5 |
| 330,00 | 779,53 | 675,37 | 2,9881 | 2,0325 | 2,3079 | 1558,6 | 155,59 | 2204,9 |
| 340,00 | 774,70 | 698,60 | 3,0574 | 2,0665 | 2,3381 | 1534,0 | 153,97 | 1915,5 |
| 350,00 | 769,93 | 722,14 | 3,1257 | 2,1009 | 2,3690 | 1510,4 | 152,37 | 1683,8 |
| 360,00 | 765,22 | 745,98 | 3,1928 | 2,1355 | 2,4004 | 1487,5 | 150,80 | 1495,3 |
| 370,00 | 760,57 | 770,15 | 3,2590 | 2,1703 | 2,4321 | 1465,3 | 149,26 | 1339,5 |
| 380,00 | 755,98 | 794,63 | 3,3243 | 2,2052 | 2,4640 | 1443,9 | 147,77 | 1209,1 |
| 390,00 | 751,43 | 819,43 | 3,3887 | 2,2400 | 2,4962 | 1423,2 | 146,33 | 1098,4 |
| 400,00 | 746,94 | 844,55 | 3,4523 | 2,2748 | 2,5284 | 1403,1 | 144,94 | 1003,5 |
| 410,00 | 742,50 | 870,00 | 3,5152 | 2,3095 | 2,5607 | 1383,6 | 143,60 | 921,32 |
| 420,00 | 738,10 | 895,76 | 3,5773 | 2,3441 | 2,5929 | 1364,7 | 142,32 | 849,46 |
| 430,00 | 733,74 | 921,85 | 3,6386 | 2,3785 | 2,6251 | 1346,4 | 141,10 | 786,14 |
| 440,00 | 729,42 | 948,27 | 3,6994 | 2,4127 | 2,6572 | 1328,5 | 139,94 | 729,94 |
| 450,00 | 725,15 | 975,00 | 3,7594 | 2,4466 | 2,6891 | 1311,2 | 138,84 | 679,74 |
| 460,00 | 720,91 | 1002,0 | 3,8189 | 2,4803 | 2,7208 | 1294,4 | 137,80 | 634,64 |
| 470,00 | 716,71 | 1029,4 | 3,8777 | 2,5137 | 2,7524 | 1278,1 | 136,82 | 593,92 |
| 480,00 | 712,55 | 1057,1 | 3,9360 | 2,5468 | 2,7836 | 1262,2 | 135,90 | 557,00 |
| 490,00 | 708,42 | 1085,1 | 3,9937 | 2,5796 | 2,8147 | 1246,7 | 135,04 | 523,39 |
| 500,00 | 704,33 | 1113,4 | 4,0509 | 2,6120 | 2,8454 | 1231,6 | 134,24 | 492,69 |
| 510,00 | 700,26 | 1142,0 | 4,1076 | 2,6441 | 2,8759 | 1217,0 | 133,50 | 464,55 |
| 520,00 | 696,24 | 1170,9 | 4,1637 | 2,6759 | 2,9060 | 1202,7 | 132,81 | 438,71 |
| 530,00 | 692,24 | 1200,1 | 4,2193 | 2,7072 | 2,9358 | 1188,9 | 132,19 | 414,92 |
| 540,00 | 688,27 | 1229,6 | 4,2745 | 2,7382 | 2,9652 | 1175,4 | 131,62 | 392,96 |

*Продолжение таблицы Б.4*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***T*** | ***ρ*** | ***h*** | ***s*** | ***Cv*** | ***Cp*** | ***w*** | ***λ*** | ***η*** |
| **K** | **кг/м3** | **кДж/кг** | **кДж/кг\*К** | **кДж/кг\*К** | **кДж/кг\*К** | **м/с** | **мВт/м\*К** | **мкПа\*с** |
| 550,00 | 684,34 | 1259,4 | 4,3292 | 2,7688 | 2,9943 | 1162,2 | 131,11 | 372,67 |
| 560,00 | 680,43 | 1289,5 | 4,3834 | 2,7990 | 3,0230 | 1149,4 | 130,66 | 353,89 |
| 570,00 | 676,55 | 1319,9 | 4,4371 | 2,8288 | 3,0513 | 1137,0 | 130,26 | 336,47 |
| 580,00 | 672,71 | 1350,5 | 4,4904 | 2,8582 | 3,0793 | 1124,8 | 129,92 | 320,31 |
| 590,00 | 668,89 | 1381,5 | 4,5433 | 2,8872 | 3,1068 | 1113,0 | 129,63 | 305,29 |
| 600,00 | 665,10 | 1412,7 | 4,5957 | 2,9158 | 3,1340 | 1101,5 | 129,39 | 291,32 |
| 610,00 | 661,34 | 1444,1 | 4,6478 | 2,9440 | 3,1607 | 1090,3 | 129,21 | 278,31 |
| 620,00 | 657,61 | 1475,9 | 4,6994 | 2,9717 | 3,1871 | 1079,4 | 129,08 | 266,19 |
| 630,00 | 653,90 | 1507,9 | 4,7506 | 2,9990 | 3,2130 | 1068,8 | 129,00 | 254,90 |
| 640,00 | 650,23 | 1540,1 | 4,8014 | 3,0259 | 3,2385 | 1058,5 | 128,97 | 244,36 |
| 650,00 | 646,58 | 1572,6 | 4,8518 | 3,0523 | 3,2635 | 1048,4 | 128,99 | 234,52 |
| 660,00 | 642,96 | 1605,4 | 4,9018 | 3,0783 | 3,2882 | 1038,7 | 129,06 | 225,34 |
| 670,00 | 639,36 | 1638,4 | 4,9514 | 3,1039 | 3,3124 | 1029,1 | 129,18 | 216,75 |
| 680,00 | 635,80 | 1671,6 | 5,0007 | 3,1291 | 3,3361 | 1019,9 | 129,35 | 208,73 |
| 690,00 | 632,26 | 1705,1 | 5,0496 | 3,1538 | 3,3595 | 1010,9 | 129,57 | 201,23 |
| 700,00 | 628,75 | 1738,8 | 5,0981 | 3,1780 | 3,3823 | 1002,1 | 129,83 | 194,22 |
| p=100 МПа | | | | | | | | |
| 290,00 | 807,59 | 605,69 | 2,6818 | 1,9130 | 2,1988 | 1733,7 | 166,77 | 5462,4 |
| 300,00 | 802,68 | 627,80 | 2,7567 | 1,9440 | 2,2245 | 1706,2 | 165,39 | 4375,8 |
| 310,00 | 797,85 | 650,18 | 2,8301 | 1,9760 | 2,2517 | 1679,8 | 163,92 | 3595,0 |
| 320,00 | 793,11 | 672,84 | 2,9020 | 2,0088 | 2,2801 | 1654,4 | 162,41 | 3015,1 |
| 330,00 | 788,45 | 695,79 | 2,9726 | 2,0422 | 2,3093 | 1630,0 | 160,88 | 2572,6 |
| 340,00 | 783,85 | 719,03 | 3,0420 | 2,0761 | 2,3393 | 1606,4 | 159,34 | 2227,1 |
| 350,00 | 779,33 | 742,58 | 3,1103 | 2,1103 | 2,3700 | 1583,7 | 157,81 | 1951,9 |
| 360,00 | 774,87 | 766,43 | 3,1775 | 2,1448 | 2,4011 | 1561,7 | 156,30 | 1728,9 |
| 370,00 | 770,47 | 790,60 | 3,2437 | 2,1795 | 2,4326 | 1540,5 | 154,82 | 1545,4 |
| 380,00 | 766,13 | 815,08 | 3,3090 | 2,2142 | 2,4643 | 1520,1 | 153,38 | 1392,1 |
| 390,00 | 761,84 | 839,88 | 3,3734 | 2,2489 | 2,4962 | 1500,2 | 151,99 | 1262,6 |
| 400,00 | 757,61 | 865,01 | 3,4370 | 2,2836 | 2,5282 | 1481,0 | 150,64 | 1151,8 |
| 410,00 | 753,42 | 890,45 | 3,4998 | 2,3182 | 2,5603 | 1462,4 | 149,35 | 1056,1 |
| 420,00 | 749,29 | 916,21 | 3,5619 | 2,3527 | 2,5924 | 1444,4 | 148,11 | 972,68 |
| 430,00 | 745,20 | 942,30 | 3,6233 | 2,3870 | 2,6244 | 1426,9 | 146,92 | 899,34 |
| 440,00 | 741,15 | 968,70 | 3,6840 | 2,4211 | 2,6562 | 1409,9 | 145,80 | 834,38 |
| 450,00 | 737,14 | 995,42 | 3,7440 | 2,4549 | 2,6880 | 1393,4 | 144,73 | 776,48 |
| 460,00 | 733,18 | 1022,5 | 3,8035 | 2,4885 | 2,7196 | 1377,4 | 143,72 | 724,56 |
| 470,00 | 729,26 | 1049,8 | 3,8623 | 2,5218 | 2,7509 | 1361,8 | 142,77 | 677,76 |
| 480,00 | 725,37 | 1077,5 | 3,9205 | 2,5549 | 2,7821 | 1346,7 | 141,88 | 635,38 |
| 490,00 | 721,52 | 1105,5 | 3,9782 | 2,5876 | 2,8130 | 1332,0 | 141,05 | 596,85 |
| 500,00 | 717,71 | 1133,7 | 4,0354 | 2,6199 | 2,8436 | 1317,7 | 140,28 | 561,69 |

*Окончание таблицы Б.4*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***T*** | ***ρ*** | ***h*** | ***s*** | ***Cv*** | ***Cp*** | ***w*** | ***λ*** | ***η*** |
| **K** | **кг/м3** | **кДж/кг** | **кДж/кг\*К** | **кДж/кг\*К** | **кДж/кг\*К** | **м/с** | **мВт/м\*К** | **мкПа\*с** |
| 510,00 | 713,93 | 1162,3 | 4,0920 | 2,6520 | 2,8739 | 1303,8 | 139,57 | 529,50 |
| 520,00 | 710,19 | 1191,2 | 4,1481 | 2,6836 | 2,9039 | 1290,3 | 138,92 | 499,94 |
| 530,00 | 706,48 | 1220,4 | 4,2037 | 2,7149 | 2,9336 | 1277,1 | 138,32 | 472,73 |
| 540,00 | 702,80 | 1249,9 | 4,2588 | 2,7459 | 2,9629 | 1264,3 | 137,78 | 447,64 |
| 550,00 | 699,15 | 1279,7 | 4,3134 | 2,7764 | 2,9919 | 1251,8 | 137,30 | 424,44 |
| 560,00 | 695,54 | 1309,7 | 4,3676 | 2,8066 | 3,0206 | 1239,6 | 136,87 | 402,96 |
| 570,00 | 691,96 | 1340,1 | 4,4213 | 2,8363 | 3,0488 | 1227,8 | 136,50 | 383,03 |
| 580,00 | 688,40 | 1370,7 | 4,4746 | 2,8657 | 3,0767 | 1216,3 | 136,18 | 364,53 |
| 590,00 | 684,88 | 1401,6 | 4,5274 | 2,8946 | 3,1042 | 1205,0 | 135,91 | 347,32 |
| 600,00 | 681,39 | 1432,8 | 4,5798 | 2,9231 | 3,1313 | 1194,1 | 135,70 | 331,30 |
| 610,00 | 677,92 | 1464,2 | 4,6318 | 2,9512 | 3,1580 | 1183,5 | 135,54 | 316,38 |
| 620,00 | 674,49 | 1495,9 | 4,6833 | 2,9789 | 3,1843 | 1173,1 | 135,43 | 302,45 |
| 630,00 | 671,08 | 1527,9 | 4,7345 | 3,0062 | 3,2102 | 1163,0 | 135,37 | 289,45 |
| 640,00 | 667,70 | 1560,1 | 4,7852 | 3,0330 | 3,2357 | 1153,2 | 135,37 | 277,31 |
| 650,00 | 664,35 | 1592,6 | 4,8356 | 3,0594 | 3,2607 | 1143,6 | 135,41 | 265,95 |
| 660,00 | 661,03 | 1625,4 | 4,8856 | 3,0854 | 3,2854 | 1134,2 | 135,50 | 255,33 |
| 670,00 | 657,73 | 1658,3 | 4,9352 | 3,1109 | 3,3096 | 1125,1 | 135,64 | 245,39 |
| 680,00 | 654,46 | 1691,5 | 4,9844 | 3,1360 | 3,3334 | 1116,3 | 135,83 | 236,08 |
| 690,00 | 651,22 | 1725,0 | 5,0332 | 3,1607 | 3,3567 | 1107,7 | 136,07 | 227,35 |
| 700,00 | 648,00 | 1758,7 | 5,0817 | 3,1849 | 3,3796 | 1099,3 | 136,35 | 219,18 |

Таблица Б.5 – Теплофизические свойства н-Тридекана на линии насыщения

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***T*** | ***Ps*** | ***ρ’*** | ***ρ’’*** | ***h’*** | ***h’’*** | ***s’*** | ***s’’*** | ***Cp’*** | ***Cp’’*** | ***w’*** | ***w’’*** | ***λ’*** | ***λ’’*** | ***η’*** | ***η’’*** |
| **K** | **МПа** | **кг/м3** | **кг/м3** | **кДж/кг** | **кДж/кг** | **кДж/кг\*К** | **кДж/кг\*К** | **кДж/кг\*К** | **кДж/кг\*К** | **м/с** | **м/с** | **мВт/м\*К** | **мВт/м\*К** | **мкПа\*с** | **мкПа\*с** |
| 268,00 | 0,00000027063 | 773,07 | 0,000022391 | 457,48 | 834,96 | 2,6035 | 4,0120 | 2,1450 | 1,5116 | 1408,4 | 111,62 | 147,95 | 10,787 | 3353,2 | 3,3560 |
| 273,00 | 0,00000047837 | 769,60 | 0,000038854 | 468,23 | 842,58 | 2,6432 | 4,0145 | 2,1569 | 1,5334 | 1388,6 | 112,63 | 146,44 | 10,859 | 2949,2 | 3,4354 |
| 278,00 | 0,00000082467 | 766,15 | 0,000065776 | 479,05 | 850,30 | 2,6825 | 4,0179 | 2,1695 | 1,5552 | 1369,1 | 113,63 | 144,94 | 10,944 | 2611,9 | 3,5151 |
| 283,00 | 0,0000013885 | 762,71 | 0,00010879 | 489,93 | 858,13 | 2,7213 | 4,0224 | 2,1826 | 1,5772 | 1349,9 | 114,62 | 143,47 | 11,040 | 2328,0 | 3,5948 |
| 288,00 | 0,0000022866 | 759,28 | 0,00017605 | 500,87 | 866,07 | 2,7596 | 4,0277 | 2,1962 | 1,5993 | 1331,0 | 115,61 | 142,02 | 11,147 | 2087,3 | 3,6747 |
| 293,00 | 0,0000036875 | 755,86 | 0,00027906 | 511,89 | 874,12 | 2,7976 | 4,0339 | 2,2102 | 1,6215 | 1312,4 | 116,58 | 140,59 | 11,264 | 1881,9 | 3,7548 |
| 298,00 | 0,0000058302 | 752,45 | 0,00043381 | 522,98 | 882,29 | 2,8351 | 4,0408 | 2,2246 | 1,6438 | 1294,0 | 117,55 | 139,17 | 11,393 | 1705,5 | 3,8350 |
| 303,00 | 0,0000090473 | 749,04 | 0,00066209 | 534,14 | 890,56 | 2,8722 | 4,0485 | 2,2394 | 1,6660 | 1275,9 | 118,51 | 137,78 | 11,531 | 1553,0 | 3,9153 |
| 308,00 | 0,000013794 | 745,65 | 0,00099306 | 545,37 | 898,95 | 2,9090 | 4,0570 | 2,2546 | 1,6883 | 1258,0 | 119,46 | 136,41 | 11,680 | 1420,6 | 3,9957 |
| 313,00 | 0,000020681 | 742,25 | 0,0014652 | 556,68 | 907,45 | 2,9454 | 4,0661 | 2,2700 | 1,7106 | 1240,4 | 120,40 | 135,06 | 11,838 | 1305,0 | 4,0762 |
| 318,00 | 0,000030521 | 738,87 | 0,0021282 | 568,07 | 916,05 | 2,9815 | 4,0758 | 2,2857 | 1,7329 | 1223,0 | 121,34 | 133,73 | 12,006 | 1203,5 | 4,1569 |
| 323,00 | 0,000044370 | 735,48 | 0,0030461 | 579,54 | 924,78 | 3,0173 | 4,0861 | 2,3017 | 1,7552 | 1205,7 | 122,27 | 132,42 | 12,184 | 1113,9 | 4,2376 |
| 328,00 | 0,000063589 | 732,10 | 0,0042992 | 591,09 | 933,61 | 3,0528 | 4,0970 | 2,3180 | 1,7774 | 1188,7 | 123,19 | 131,13 | 12,370 | 1034,6 | 4,3184 |
| 333,00 | 0,000089909 | 728,71 | 0,0059875 | 602,72 | 942,55 | 3,0880 | 4,1085 | 2,3344 | 1,7996 | 1171,9 | 124,10 | 129,86 | 12,565 | 963,89 | 4,3992 |
| 338,00 | 0,00012550 | 725,33 | 0,0082343 | 614,43 | 951,60 | 3,1229 | 4,1204 | 2,3510 | 1,8217 | 1155,3 | 125,00 | 128,61 | 12,770 | 900,67 | 4,4801 |
| 343,00 | 0,00017304 | 721,94 | 0,011189 | 626,23 | 960,76 | 3,1575 | 4,1329 | 2,3678 | 1,8437 | 1138,8 | 125,89 | 127,38 | 12,982 | 843,87 | 4,5611 |
| 348,00 | 0,00023583 | 718,56 | 0,015031 | 638,11 | 970,04 | 3,1919 | 4,1457 | 2,3848 | 1,8657 | 1122,5 | 126,78 | 126,17 | 13,204 | 792,64 | 4,6421 |
| 353,00 | 0,00031787 | 715,16 | 0,019975 | 650,08 | 979,42 | 3,2261 | 4,1590 | 2,4019 | 1,8876 | 1106,4 | 127,65 | 124,99 | 13,433 | 746,23 | 4,7231 |
| 358,00 | 0,00042395 | 711,77 | 0,026273 | 662,13 | 988,91 | 3,2600 | 4,1728 | 2,4192 | 1,9095 | 1090,4 | 128,52 | 123,82 | 13,671 | 704,04 | 4,8042 |
| 363,00 | 0,00055975 | 708,37 | 0,034217 | 674,27 | 998,51 | 3,2937 | 4,1869 | 2,4366 | 1,9312 | 1074,5 | 129,38 | 122,67 | 13,917 | 665,52 | 4,8852 |
| 368,00 | 0,00073200 | 704,96 | 0,044147 | 686,50 | 1008,2 | 3,3271 | 4,2013 | 2,4541 | 1,9529 | 1058,8 | 130,22 | 121,53 | 14,170 | 630,24 | 4,9663 |
| 373,00 | 0,00094852 | 701,54 | 0,056452 | 698,81 | 1018,0 | 3,3603 | 4,2161 | 2,4717 | 1,9744 | 1043,2 | 131,06 | 120,42 | 14,432 | 597,81 | 5,0473 |
| 378,00 | 0,0012184 | 698,11 | 0,071575 | 711,22 | 1027,9 | 3,3934 | 4,2312 | 2,4894 | 1,9959 | 1027,8 | 131,88 | 119,33 | 14,701 | 567,91 | 5,1283 |
| 383,00 | 0,0015520 | 694,67 | 0,090015 | 723,71 | 1038,0 | 3,4262 | 4,2467 | 2,5072 | 2,0173 | 1012,5 | 132,68 | 118,26 | 14,978 | 540,24 | 5,2092 |
| 388,00 | 0,0019612 | 691,23 | 0,11233 | 736,29 | 1048,1 | 3,4588 | 4,2624 | 2,5251 | 2,0386 | 997,23 | 133,48 | 117,20 | 15,263 | 514,58 | 5,2900 |

*Продолжение таблицы Б.5.*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***T*** | ***Ps*** | ***ρ’*** | ***ρ’’*** | ***h’*** | ***h’’*** | ***s’*** | ***s’’*** | ***Cp’*** | ***Cp’’*** | ***w’*** | ***w’’*** | ***λ’*** | ***λ’’*** | ***η’*** | ***η’’*** |
| **K** | **МПа** | **кг/м3** | **кг/м3** | **кДж/кг** | **кДж/кг** | **кДж/кг\*К** | **кДж/кг\*К** | **кДж/кг\*К** | **кДж/кг\*К** | **м/с** | **м/с** | **мВт/м\*К** | **мВт/м\*К** | **мкПа\*с** | **мкПа\*с** |
| 393,00 | 0,0024596 | 687,76 | 0,13915 | 748,96 | 1058,3 | 3,4913 | 4,2784 | 2,5430 | 2,0598 | 982,10 | 134,26 | 116,16 | 15,555 | 490,69 | 5,3708 |
| 398,00 | 0,0030621 | 684,29 | 0,17116 | 761,72 | 1068,6 | 3,5235 | 4,2946 | 2,5610 | 2,0808 | 967,08 | 135,02 | 115,14 | 15,854 | 468,42 | 5,4515 |
| 403,00 | 0,0037856 | 680,80 | 0,20912 | 774,57 | 1079,0 | 3,5556 | 4,3111 | 2,5791 | 2,1019 | 952,15 | 135,76 | 114,14 | 16,160 | 447,58 | 5,5321 |
| 408,00 | 0,0046490 | 677,29 | 0,25386 | 787,51 | 1089,6 | 3,5875 | 4,3279 | 2,5972 | 2,1228 | 937,30 | 136,48 | 113,16 | 16,474 | 428,05 | 5,6125 |
| 413,00 | 0,0056729 | 673,77 | 0,30629 | 800,55 | 1100,2 | 3,6193 | 4,3448 | 2,6154 | 2,1436 | 922,54 | 137,19 | 112,19 | 16,795 | 409,71 | 5,6928 |
| 418,00 | 0,0068801 | 670,23 | 0,36738 | 813,67 | 1110,9 | 3,6509 | 4,3619 | 2,6336 | 2,1643 | 907,85 | 137,87 | 111,24 | 17,123 | 392,44 | 5,7730 |
| 423,00 | 0,0082953 | 666,67 | 0,43821 | 826,88 | 1121,7 | 3,6823 | 4,3792 | 2,6519 | 2,1850 | 893,24 | 138,52 | 110,31 | 17,458 | 376,16 | 5,8530 |
| 428,00 | 0,0099456 | 663,09 | 0,51991 | 840,19 | 1132,6 | 3,7136 | 4,3967 | 2,6702 | 2,2056 | 878,69 | 139,15 | 109,39 | 17,800 | 360,78 | 5,9328 |
| 433,00 | 0,011860 | 659,48 | 0,61371 | 853,59 | 1143,6 | 3,7447 | 4,4144 | 2,6885 | 2,2261 | 864,21 | 139,76 | 108,49 | 18,148 | 346,23 | 6,0124 |
| 438,00 | 0,014070 | 655,85 | 0,72091 | 867,08 | 1154,6 | 3,7756 | 4,4322 | 2,7070 | 2,2466 | 849,78 | 140,33 | 107,61 | 18,504 | 332,44 | 6,0917 |
| 443,00 | 0,016610 | 652,20 | 0,84291 | 880,66 | 1165,8 | 3,8065 | 4,4501 | 2,7254 | 2,2669 | 835,40 | 140,88 | 106,74 | 18,866 | 319,36 | 6,1709 |
| 448,00 | 0,019515 | 648,52 | 0,98120 | 894,34 | 1177,1 | 3,8371 | 4,4682 | 2,7439 | 2,2873 | 821,07 | 141,39 | 105,89 | 19,235 | 306,93 | 6,2498 |
| 453,00 | 0,022825 | 644,81 | 1,1374 | 908,11 | 1188,4 | 3,8677 | 4,4864 | 2,7624 | 2,3075 | 806,78 | 141,87 | 105,05 | 19,611 | 295,11 | 6,3285 |
| 458,00 | 0,026579 | 641,07 | 1,3130 | 921,97 | 1199,8 | 3,8981 | 4,5047 | 2,7810 | 2,3278 | 792,52 | 142,31 | 104,23 | 19,994 | 283,86 | 6,4068 |
| 463,00 | 0,030821 | 637,30 | 1,5100 | 935,92 | 1211,3 | 3,9284 | 4,5231 | 2,7997 | 2,3480 | 778,30 | 142,71 | 103,42 | 20,383 | 273,13 | 6,4850 |
| 468,00 | 0,035596 | 633,49 | 1,7302 | 949,97 | 1222,8 | 3,9586 | 4,5416 | 2,8184 | 2,3681 | 764,10 | 143,07 | 102,63 | 20,778 | 262,90 | 6,5628 |
| 473,00 | 0,040952 | 629,65 | 1,9756 | 964,11 | 1234,5 | 3,9886 | 4,5602 | 2,8371 | 2,3883 | 749,93 | 143,39 | 101,85 | 21,180 | 253,14 | 6,6403 |
| 478,00 | 0,046941 | 625,77 | 2,2482 | 978,35 | 1246,2 | 4,0185 | 4,5788 | 2,8559 | 2,4084 | 735,77 | 143,67 | 101,09 | 21,589 | 243,81 | 6,7175 |
| 483,00 | 0,053613 | 621,85 | 2,5503 | 992,68 | 1258,0 | 4,0483 | 4,5976 | 2,8748 | 2,4285 | 721,63 | 143,89 | 100,34 | 22,004 | 234,89 | 6,7944 |
| 488,00 | 0,061024 | 617,89 | 2,8842 | 1007,1 | 1269,8 | 4,0780 | 4,6163 | 2,8938 | 2,4486 | 707,49 | 144,07 | 99,604 | 22,425 | 226,36 | 6,8711 |
| 493,00 | 0,069231 | 613,88 | 3,2524 | 1021,6 | 1281,7 | 4,1076 | 4,6352 | 2,9128 | 2,4687 | 693,36 | 144,20 | 98,883 | 22,854 | 218,20 | 6,9474 |
| 498,00 | 0,078294 | 609,83 | 3,6575 | 1036,2 | 1293,7 | 4,1371 | 4,6540 | 2,9320 | 2,4888 | 679,22 | 144,27 | 98,176 | 23,288 | 210,39 | 7,0234 |
| 503,00 | 0,088274 | 605,72 | 4,1024 | 1051,0 | 1305,7 | 4,1664 | 4,6729 | 2,9512 | 2,5090 | 665,07 | 144,29 | 97,483 | 23,729 | 202,90 | 7,0991 |
| 508,00 | 0,099236 | 601,56 | 4,5899 | 1065,8 | 1317,8 | 4,1957 | 4,6919 | 2,9706 | 2,5292 | 650,91 | 144,25 | 96,802 | 24,176 | 195,72 | 7,1745 |
| 513,00 | 0,11125 | 597,35 | 5,1233 | 1080,7 | 1330,0 | 4,2249 | 4,7108 | 2,9901 | 2,5494 | 636,73 | 144,14 | 96,135 | 24,630 | 188,84 | 7,2497 |

*Продолжение таблицы Б.5.*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***T*** | ***Ps*** | ***ρ’*** | ***ρ’’*** | ***h’*** | ***h’’*** | ***s’*** | ***s’’*** | ***Cp’*** | ***Cp’’*** | ***w’*** | ***w’’*** | ***λ’*** | ***λ’’*** | ***η’*** | ***η’’*** |
| **K** | **МПа** | **кг/м3** | **кг/м3** | **кДж/кг** | **кДж/кг** | **кДж/кг\*К** | **кДж/кг\*К** | **кДж/кг\*К** | **кДж/кг\*К** | **м/с** | **м/с** | **мВт/м\*К** | **мВт/м\*К** | **мкПа\*с** | **мкПа\*с** |
| 518,00 | 0,12437 | 593,08 | 5,7060 | 1095,7 | 1342,2 | 4,2539 | 4,7298 | 3,0097 | 2,5698 | 622,52 | 143,97 | 95,481 | 25,090 | 182,24 | 7,3246 |
| 523,00 | 0,13869 | 588,74 | 6,3414 | 1110,8 | 1354,4 | 4,2829 | 4,7488 | 3,0295 | 2,5902 | 608,28 | 143,74 | 94,840 | 25,557 | 175,91 | 7,3994 |
| 528,00 | 0,15426 | 584,34 | 7,0336 | 1126,0 | 1366,8 | 4,3118 | 4,7678 | 3,0495 | 2,6107 | 594,00 | 143,43 | 94,211 | 26,030 | 169,83 | 7,4741 |
| 533,00 | 0,17118 | 579,86 | 7,7866 | 1141,3 | 1379,1 | 4,3406 | 4,7868 | 3,0698 | 2,6314 | 579,68 | 143,04 | 93,595 | 26,510 | 163,99 | 7,5487 |
| 538,00 | 0,18951 | 575,31 | 8,6050 | 1156,7 | 1391,5 | 4,3693 | 4,8057 | 3,0903 | 2,6522 | 565,31 | 142,58 | 92,992 | 26,996 | 158,38 | 7,6234 |
| 543,00 | 0,20933 | 570,67 | 9,4936 | 1172,2 | 1403,9 | 4,3979 | 4,8247 | 3,1110 | 2,6732 | 550,87 | 142,04 | 92,400 | 27,489 | 152,99 | 7,6983 |
| 548,00 | 0,23074 | 565,95 | 10,458 | 1187,8 | 1416,4 | 4,4264 | 4,8436 | 3,1321 | 2,6944 | 536,38 | 141,40 | 91,820 | 27,989 | 147,81 | 7,7734 |
| 553,00 | 0,25380 | 561,14 | 11,503 | 1203,5 | 1428,9 | 4,4549 | 4,8625 | 3,1535 | 2,7159 | 521,80 | 140,68 | 91,253 | 28,496 | 142,82 | 7,8491 |
| 558,00 | 0,27863 | 556,22 | 12,637 | 1219,3 | 1441,4 | 4,4833 | 4,8813 | 3,1754 | 2,7377 | 507,14 | 139,86 | 90,696 | 29,009 | 138,02 | 7,9254 |
| 563,00 | 0,30530 | 551,20 | 13,865 | 1235,3 | 1454,0 | 4,5117 | 4,9001 | 3,1977 | 2,7599 | 492,39 | 138,94 | 90,152 | 29,530 | 133,40 | 8,0026 |
| 568,00 | 0,33391 | 546,06 | 15,196 | 1251,3 | 1466,5 | 4,5399 | 4,9188 | 3,2206 | 2,7825 | 477,53 | 137,90 | 89,618 | 30,058 | 128,95 | 8,0812 |
| 573,00 | 0,36456 | 540,79 | 16,638 | 1267,5 | 1479,1 | 4,5681 | 4,9375 | 3,2442 | 2,8055 | 462,56 | 136,76 | 89,096 | 30,593 | 124,65 | 8,1614 |
| 578,00 | 0,39735 | 535,39 | 18,201 | 1283,7 | 1491,7 | 4,5963 | 4,9561 | 3,2685 | 2,8292 | 447,46 | 135,48 | 88,584 | 31,136 | 120,51 | 8,2437 |
| 583,00 | 0,43239 | 529,84 | 19,897 | 1300,1 | 1504,3 | 4,6244 | 4,9746 | 3,2936 | 2,8536 | 432,22 | 134,08 | 88,082 | 31,687 | 116,50 | 8,3287 |
| 588,00 | 0,46978 | 524,12 | 21,738 | 1316,6 | 1516,9 | 4,6525 | 4,9931 | 3,3198 | 2,8789 | 416,82 | 132,53 | 87,591 | 32,247 | 112,63 | 8,4171 |
| 593,00 | 0,50966 | 518,22 | 23,739 | 1333,3 | 1529,5 | 4,6806 | 5,0114 | 3,3473 | 2,9052 | 401,24 | 130,82 | 87,109 | 32,815 | 108,87 | 8,5098 |
| 598,00 | 0,55213 | 512,13 | 25,917 | 1350,0 | 1542,0 | 4,7086 | 5,0296 | 3,3762 | 2,9328 | 385,48 | 128,95 | 86,636 | 33,393 | 105,23 | 8,6077 |
| 603,00 | 0,59733 | 505,81 | 28,292 | 1367,0 | 1554,5 | 4,7366 | 5,0477 | 3,4068 | 2,9619 | 369,49 | 126,90 | 86,171 | 33,982 | 101,69 | 8,7123 |
| 608,00 | 0,64540 | 499,25 | 30,888 | 1384,0 | 1567,0 | 4,7646 | 5,0656 | 3,4397 | 2,9930 | 353,26 | 124,65 | 85,713 | 34,582 | 98,243 | 8,8252 |
| 613,00 | 0,69649 | 492,40 | 33,734 | 1401,2 | 1579,4 | 4,7926 | 5,0833 | 3,4752 | 3,0265 | 336,75 | 122,17 | 85,262 | 35,195 | 94,872 | 8,9483 |
| 618,00 | 0,75074 | 485,24 | 36,866 | 1418,6 | 1591,7 | 4,8206 | 5,1008 | 3,5141 | 3,0631 | 319,94 | 119,46 | 84,815 | 35,822 | 91,566 | 9,0844 |
| 623,00 | 0,80835 | 477,70 | 40,328 | 1436,1 | 1604,0 | 4,8487 | 5,1181 | 3,5573 | 3,1038 | 302,76 | 116,46 | 84,370 | 36,467 | 88,310 | 9,2369 |
| 628,00 | 0,86949 | 469,74 | 44,176 | 1453,8 | 1616,1 | 4,8768 | 5,1352 | 3,6062 | 3,1498 | 285,18 | 113,16 | 83,925 | 37,131 | 85,087 | 9,4102 |
| 633,00 | 0,93439 | 461,28 | 48,484 | 1471,8 | 1628,0 | 4,9051 | 5,1519 | 3,6627 | 3,2033 | 267,11 | 109,50 | 83,475 | 37,821 | 81,876 | 9,6105 |
| 638,00 | 1,0033 | 452,20 | 53,351 | 1490,0 | 1639,7 | 4,9335 | 5,1682 | 3,7298 | 3,2674 | 248,47 | 105,43 | 83,014 | 38,542 | 78,650 | 9,8462 |

*Окончание таблицы Б.5.*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***T*** | ***Ps*** | ***ρ’*** | ***ρ’’*** | ***h’*** | ***h’’*** | ***s’*** | ***s’’*** | ***Cp’*** | ***Cp’’*** | ***w’*** | ***w’’*** | ***λ’*** | ***λ’’*** | ***η’*** | ***η’’*** |
| **K** | **МПа** | **кг/м3** | **кг/м3** | **кДж/кг** | **кДж/кг** | **кДж/кг\*К** | **кДж/кг\*К** | **кДж/кг\*К** | **кДж/кг\*К** | **м/с** | **м/с** | **мВт/м\*К** | **мВт/м\*К** | **мкПа\*с** | **мкПа\*с** |
| 643,00 | 1,0765 | 442,37 | 58,916 | 1508,5 | 1651,2 | 4,9621 | 5,1841 | 3,8122 | 3,3470 | 229,15 | 100,88 | 82,533 | 39,304 | 75,374 | 10,130 |
| 648,00 | 1,1543 | 431,57 | 65,380 | 1527,3 | 1662,3 | 4,9909 | 5,1993 | 3,9181 | 3,4511 | 208,97 | 95,755 | 82,017 | 40,124 | 72,001 | 10,479 |
| 653,00 | 1,2372 | 419,49 | 73,059 | 1546,5 | 1672,9 | 5,0202 | 5,2137 | 4,0630 | 3,5969 | 187,70 | 89,924 | 81,442 | 41,030 | 68,459 | 10,924 |
| 658,00 | 1,3257 | 405,59 | 82,486 | 1566,3 | 1682,7 | 5,0501 | 5,2269 | 4,2796 | 3,8215 | 164,98 | 83,209 | 80,763 | 42,071 | 64,632 | 11,517 |
| 663,00 | 1,4206 | 388,87 | 94,692 | 1587,0 | 1691,3 | 5,0810 | 5,2384 | 4,6540 | 4,2244 | 140,18 | 75,341 | 79,887 | 43,360 | 60,307 | 12,364 |
| 668,00 | 1,5232 | 366,92 | 112,17 | 1609,2 | 1697,7 | 5,1140 | 5,2465 | 5,5078 | 5,1855 | 112,09 | 65,912 | 78,567 | 45,195 | 54,982 | 13,734 |
| 673,00 | 1,6359 | 329,77 | 145,34 | 1635,6 | 1697,6 | 5,1530 | 5,2451 | 10,081 | 10,569 | 77,387 | 54,429 | 75,639 | 49,031 | 46,642 | 16,847 |

**ПРИЛОЖЕНИЕ В**

**ПОЛЯ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ РАСЧЕТА ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ**

Таблица В.1 – Поля неопределенности расчета плотности

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *р*,  МПа | Температура, К | | | | | | | | | | | | | |
| 270 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 550 | 600 | 650 | 660 | 670 | 680 | 690 | 700 |
| 0,5 | 0,20 | 0,15 | 0,15 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,30 | 1,00 | 0,80 | 0,70 | 0,60 | 0,50 | 0,50 | 0,50 |
| 1,5 | 0,20 | 0,15 | 0,15 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,30 | 0,40 | 1,00 | 0,90 | 0,80 | 0,70 | 0,60 | 0,55 |
| 3,0 | 0,20 | 0,15 | 0,15 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,30 | 0,40 | 0,50 | 0,60 | 0,70 | 1,00 | 1,00 | 0,60 |
| 5,0 | 0,20 | 0,15 | 0,20 | 0,20 | 0,25 | 0,25 | 0,30 | 0,40 | 0,50 | 0,60 | 0,70 | 0,70 | 0,60 | 0,60 |
| 10,0 | 0,22 | 0,18 | 0,22 | 0,22 | 0,25 | 0,25 | 0,30 | 0,45 | 0,50 | 0,55 | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,70 |
| 50,0 | - | 0,20 | 0,25 | 0,25 | 0,28 | 0,28 | 0,30 | 0,45 | 0,50 | 0,55 | 0,60 | 0,60 | 0,70 | 0,80 |
| 100,0 | - | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,35 | 0,50 | 0,50 | 0,55 | 0,60 | 0,60 | 0,70 | 0,80 |

Таблица В.2 – Поля неопределенности расчета изобарной теплоемкости

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *р*,  МПа | Температура, К | | | | | | | | | | | | | |
| 270 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 550 | 600 | 650 | 660 | 670 | 680 | 690 | 700 |
| 0,5 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,60 | 0,80 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| 1,5 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,60 | 0,80 | 1,00 | 1,30 | 1,50 | 1,80 | 2,00 | 1,50 | 1,20 |
| 3,0 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,60 | 0,80 | 0,90 | 1,00 | 1,50 | 2,00 | 2,50 | 2,50 | 1,50 |
| 5,0 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,60 | 0,80 | 0,90 | 1,00 | 1,10 | 1,20 | 1,30 | 1,40 | 1,50 |
| 10,0 | 0,55 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,60 | 0,80 | 0,90 | 0,90 | 1,20 | 1,20 | 1,30 | 1,40 | 1,50 |
| 50,0 | - | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,70 | 0,90 | 1,00 | 1,10 | 1,20 | 1,30 | 1,30 | 1,40 | 1,50 |
| 100,0 | - | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,20 | 1,30 | 1,30 | 1,30 | 1,30 | 1,40 | 1,50 |

Таблица В.3 – Поля неопределенности расчета скорости распространения звука

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *р*,  МПа | Температура, К | | | | | | | | | | | | | |
| 270 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 550 | 600 | 650 | 660 | 670 | 680 | 690 | 700 |
| 0,5 | 1,0 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,6 | 1,0 | 1,2 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,7 |
| 1,5 | 1,0 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 1,0 | 1,2 | 1,5 | 1,9 | 1,8 | 1,7 | 1,7 |
| 3,0 | 1,0 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,6 | 1,2 | 1,5 | 1,8 | 1,8 | 2,0 | 2,5 | 2,5 | 1,7 |
| 5,0 | 1,2 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,6 | 1,2 | 1,4 | 1,5 | 1,6 | 1,6 | 1,6 | 1,7 | 1,7 |
| 10,0 | 1,3 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,7 | 1,2 | 1,3 | 1,5 | 1,6 | 1,6 | 1,6 | 1,7 | 1,8 |
| 50,0 | - | 0,6 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 1,2 | 1,3 | 1,5 | 1,6 | 1,6 | 1,6 | 1,7 | 1,9 |
| 100,0 | - | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,2 | 1,3 | 1,5 | 1,6 | 1,6 | 1,6 | 1,7 | 2,0 |

Таблица В.4 – Поля неопределенности расчета коэффициента теплопроводности

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *р*,  МПа | Температура, К | | | | | | | | | | | | | |
| 270 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 550 | 600 | 650 | 660 | 670 | 680 | 690 | 700 |
| 0,5 | 2,0 | 1,7 | 1,7 | 1,7 | 1,7 | 1,8 | 2,0 | 2,0 | 2,2 | 2,2 | 2,3 | 2,4 | 2,5 | 3,0 |
| 1,5 | 2,0 | 1,7 | 1,7 | 1,7 | 1,7 | 1,8 | 1,9 | 2,2 | 2,2 | 2,3 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 3,0 |
| 3,0 | 2,0 | 1,7 | 1,7 | 1,7 | 1,7 | 1,8 | 1,9 | 2,0 | 2,2 | 2,3 | 2,5 | 2,6 | 2,5 | 3,0 |
| 5,0 | 2,0 | 1,7 | 1,7 | 1,7 | 1,7 | 1,8 | 1,9 | 2,0 | 2,2 | 2,3 | 2,5 | 2,7 | 2,5 | 3,5 |
| 10,0 | 2,0 | 1,7 | 1,7 | 1,7 | 1,7 | 1,8 | 2,0 | 2,0 | 2,2 | 2,4 | 2,5 | 2,7 | 2,6 | 3,5 |
| 50,0 | - | 1,7 | 1,8 | 1,8 | 1,8 | 1,9 | 2,0 | 2,1 | 2,2 | 2,4 | 2,6 | 2,7 | 2,8 | 4,0 |
| 100,0 | - | 1,9 | 1,9 | 1,9 | 1,9 | 2,0 | 2,0 | 2,1 | 2,2 | 2,4 | 2,6 | 2,8 | 3,0 | 4,0 |

Таблица В.5 – Поля неопределенности расчета коэффициента динамической вязкости

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *р*,  МПа | Температура, К | | | | | | | | | | | | | |
| 270 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 550 | 600 | 620 | 640 | 650 | 660 | 670 | 700 |
| 0,5 | 3,0 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 2,1 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,7 |
| 1,5 | 3,0 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 2,5 | 2,5 | 2,0 | 2,0 | 2,0 |
| 3,0 | 3,0 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 2,1 | 2,2 | 2,3 | 2,3 | 2,3 | 2,4 | 2,5 | 2,4 | 2,4 |
| 5,0 | 3,0 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 2,1 | 2,2 | 2,3 | 2,4 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,4 | 2,4 | 2,4 |
| 10,0 | 3,2 | 2,0 | 2,0 | 2,2 | 2,2 | 2,3 | 2,3 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 |
| 50,0 | - | 2,5 | 2,2 | 2,3 | 2,3 | 2,4 | 2,4 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,6 | 2,7 | 2,8 | 2,8 |
| 100,0 | - | - | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,6 | 2,7 | 2,8 | 2,9 | 3,0 | 3,0 |

Таблица В.6 – Поля неопределенности расчета теплофизических свойств на линии

равновесия «жидкость – газ»

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *T*,  K | δ*pv,*  % | δρ*l*,  % | δρ*v*,  % | δ*Cp*′,  % | δ*Cp*′′.  % | δ*h*′,  % | δ*s*′,  % | δΔ*hv*,  % | δλ',  % | δλ'',  % | δη',  % | δη'',  % |
| 270 | 1,50 | 0,20 | 1,50 | 0,5 | 0,5 | 0,50 | 0,50 | 0,5 | 2,0 | 2,0 | 2,2 | 1,8 |
| 300 | 0,80 | 0,20 | 0,80 | 0,5 | 0,5 | 0,50 | 0,50 | 0,5 | 1,8 | 2,0 | 2,0 | 1,7 |
| 350 | 0,20 | 0,20 | 0,30 | 0,5 | 0,6 | 0,50 | 0,50 | 0,5 | 1,8 | 2,0 | 2,0 | 1,7 |
| 400 | 0,15 | 0,20 | 0,25 | 0,5 | 0,7 | 0,50 | 0,50 | 0,7 | 1,8 | 2,0 | 2,0 | 1,7 |
| 450 | 0,20 | 0,20 | 0,30 | 0,6 | 0,8 | 0,50 | 0,50 | 0,7 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 1,7 |
| 500 | 0,25 | 0,25 | 0,35 | 0,7 | 0,9 | 0,52 | 0,52 | 0,8 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 1,9 |
| 550 | 0,30 | 0,30 | 0,40 | 0,8 | 1,2 | 0,52 | 0,52 | 1,0 | 2,2 | 2,2 | 2,3 | 2,0 |
| 600 | 0,35 | 0,35 | 0,50 | 1,0 | 1,5 | 0,54 | 0,54 | 1,2 | 2,3 | 2,4 | 2,5 | 2,2 |
| 620 | 0,50 | 0,45 | 0,70 | 1,2 | 1,8 | 0,54 | 0,54 | 1,5 | 2,5 | 2,6 | 2,8 | 2,5 |
| 640 | 1,20 | 0,60 | 1,50 | 1,5 | 2,0 | 0,60 | 0,60 | 2,0 | 2,8 | 2,8 | 3,0 | 3,0 |
| 650 | 1,40 | 1,00 | 2,00 | 2,0 | 2,5 | 0,65 | 0,65 | 2,5 | 3,0 | 3,0 | 3,2 | 3,2 |
| 660 | 1,50 | 1,50 | 2,50 | 2,5 | 3,0 | 0,80 | 0,80 | 3,0 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 3,5 |
| 670 | 2,00 | 2,00 | 4,00 | 3,0 | 4,0 | 1,00 | 1,00 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 5,0 | 5,0 |

**2. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Sun L. Universal equation of state for engineering application: algorithm and application / L. Sun, J.E. Ely // Fluid Phase Equilibria. – 2004. – V.222-223. – P. 107 – 118.
2. Александров И.С. Современный подход к разработке фундаментальных уравнений состояния технически важных рабочих веществ / И.С. Александров, Б.А. Григорьев, А.А. Герасимов // в сб. научн. статей: Актуальные вопросы исследований пластовых систем месторождений углеводородов в 2-х ч. Ч.1. – М.: Газпром ВНИИГАЗ, 2011. – С. 124-137.
3. Marsh K.N. TRC Thermodynamic Properties of Substances in the Ideal Gas State / K.N. Marsh, R.C. Wilhoit, M. Frenkel, D. Yin // Thermodynamics Research Center. – 1994.
4. Morawski, P. High pressure (solid + liquid) equilibria of n-alkane mixtures: experimental results, correlation and prediction / P. Morawski, J. A. P. Coutinho, U. Domanska // Fluid Phase Equilibria. – 2005. – Vol. 230. – P. 72 – 80.
5. Domanska, U. Phase diagrams of binary systems containing n-alkanes, or cyclohexane, or 1-alkanols and 2,3-pentanedione at atmospheric and high pressure / U. Domanska, P. Morawski, R. Wierzbicki // Fluid Phase Equilibria. – 2006. – Vol. 242, № 2. – P. 154 – 163.
6. M. L. Huber Transport Properties of n-Dodecane / M. L. Huber,A. Laesecke, R. Perkins //Energy & Fuels. – 2004. – V. 18. – P. 968-975.
7. Chung T.H., Ajlan L Lee L.L., K.E. Starling Generalized multiparameter correlation for nonpolar and polar fluid transport properties // Ind. Eng. Chem. Res.- 1988.- V.27.- P. 671-679.
8. Lemmon, E. W. Viscosity and thermal conductivity equations for nitrogen, oxygen, argon and air / E. W. Lemmon, R. T. Jacobsen // Int. J. Thermophys. – 2004. – V. 25, № 1. – P. 21-69.
9. Doolittle, A.K. Specific volumes of n-alkanes / A.K. Doolittle // J. Chem. Eng. Data. – 1964. – Vol. 9, № 2. – P. 275 – 279.
10. Golik, A.Z. Complex apparatus for studying the density and ultrasonic velocity of liquids in a wide interval of temperature and pressure (in Russian) / A.Z. Golik, I.I. Adamenko, M.G. Makhno // Fiz. Zhidk. Sostoyaniya. – 1982. – Vol. 10. – P. 3-7.
11. Курумов Д.С. Термические свойства н-алканов и фракций Мангышлакской нефти в жидком и газообразном состояниях: Дис. ... докт. техн. наук: 05.14.05 – Теоретические основы теплотехники: Д.С. Курумов, ГНИ: Грозный, 1991. – 440 с.
12. Krafft, F. UeberNeunzehnHohereNormalparaffine C(n)H(2n+2) und einfur den TropfbarFlussigenZustand / F. Krafft // Ber. Dtsch. Chem. Ges. – 1882. – Vol. 15. - P. 1687-1712.
13. Schiessler R.W. The synthesis and properties of hydrocarbons of high molecular weight-IV / R.W. Schiessler, C.H. Herr, A.W. Rytina, et. al. // Proc. Am. Pet. Inst., Sect. 3. – 1946. – V.26. – P.254 – 302.
14. Raman Spectra of Hydrocarbons / M.R. Fenske [et al.] // Ann. Chem. – 1947. – Vol. 19. - P. 700-765.
15. Camin, D.L. Physical Properties of 14 American Petroleum Institute Research Hydrocarbons, C(9) to C(15) / D.L. Camin, F.D. Rossini // J. Phys. Chem. – 1955. – Vol. 59. – P. 1173 – 1179.
16. Sunner, S. Twin Calorimeter for the Determination of Enthalpies of Vaporization of Small Samples from 300 to 420 K / S. Sunner, C. Svenson // Chem. Soc., Faraday Trans. 1. – 1979. - Vol. 75, № 10. - P. 2359-2365.
17. Viton.C. Vapor Pressure of Normal Alkanes from Decane to Eicosane at Temperatures from 244 K to 469 K and Pressures from 0.4 Pa to 164 kPa / C. Viton, M. Chavret, E. Behar, J. Jose // Int. Electron. J. Phys.-Chem. Data.– 1996.– V.2.– P.215-224.
18. Александров И.С. Энтальпия испарения и давление насыщенных паров н-алканов*С5* – *С18* вблизи тройной точки / И.С. Александров, А.А. Герасимов, Е.Б. Григорьев // Оборонный комплекс – научно-техническому прогрессу России. – 2010. - №4. – С. 56-61.
19. Vogel, A.I. Physical properties and chemical constitution. Part IX. Aliphatic hydrocarbons / A.I. Vogel // J. Chem. Soc. – 1946. – Vol. 146. – P. 133 – 139.
20. Doolittle, A.K. Preparation and physical properties of a series of n-alkanes / A.K. Doolittle, R.H. Peterson // J. Am. Chem. Soc. – 1951. – Vol. 73. – P. 2145 – 2151.
21. Hust, J.G. Density and crystallinity measurements of liquid and solid n-undecane, n-tridecane, and o-xylene from 200 to 350 K / J.G. Hust, R.E. Schramm // J. Chem. Eng. Data. – 1976. – Vol. 21, № 1. – P. 7 – 12.
22. Diaz Pena, M.G. Isothermal compressibilities of n-alkanes and benzene / P.M. Diaz, G. Tardajos // J. Chem. Thermodyn. – 1978. – Vol. 10, № 1. – P. 19 – 24.
23. Hutchings, R.S. Molar volumes in the homologous series of normal alkanes at two temperatures / R.S. Hutchings, W.A. Van Hook // Fluid Phase Equilib. – 1985. – Vol. 21. – P. 165 – 170.
24. Excess molar volumes of binary mixtures of 2-hexanone with n-alkane at 298.15 K / J. Ortega [et al.] // Can. J. Chem. – 1985. – Vol. 63. – P. 3354-3356.
25. Tardajos, G. Speed of Sound in Pure Liquids by a Pulse-Echo-Overlap Method / G. Tardajos, M.D. Pena, E. Aicart // J. Chem. Thermodyn. – 1986. – Vol. 18. - P. 683-689.
26. Mansker L.D. The isothermal compressibility of n-paraffin liquids at low pressures / L.D. Mansker, A.C. Criser, A. Jangkamolkulchai, K.D. Luks // Chem. Eng. Comm. – 1987. – V.57. – P.87 – 93.
27. Iwahashi M. Dynamical structures of normal alkanes, alcohols, and fatty acids in the liquid state as determined by viscosity, self-diffusion coefficient, infrared spectra, and CNMR spin-lattice relaxation time measurements / M. Iwahashi, Y. Yamagughi, Y. Ogura, M. Suzuki // Bull. Chim. Soc. Japan. – 1990. – V.63, No.8. – P.2154 – 2158.
28. Wu, J. Viscometric properties of multicomponent liquid n-alkane systems / J. Wu, Z. Shan, A.-F.A. Asfour // Fluid Phase Equilib. – 1998. – Vol. 143. – P. 263 – 274.
29. Peleteiro J. Thermodynamics of 1-alkanol + n-alkane mixtures: new data and predictions from the NTGC model / J. Peleteiro, D. Gonzalez-Salgado, C.A. Cerdeirina, et. al. // Fluid Phase Equilib. – 2001. – V.191. – P.83 – 97.
30. Термические свойства н-алканов С5 – С13 в диапазоне температуры от тройной точки до критической / А.А. Герасимов [и др.] // Оборонный комплекс – научно-техническому прогрессу России. – 2011. – №. 1. – С. 43-57.
31. Герасимов А.А. Калорические свойства нормальных алканов и многокомпонентных углеводородных смесей в жидкой и газовой фазах , включая критическую область: Дис. ... докт. техн. наук.- Калининград, 2000. – 434 с.
32. Low-temperature thermal data for the nine normal рагаfin hydrocarhons from octane to hexadecane / Н. L. Finke [et al.] // J. Am. Chem. Soc. — 1954. - Vol. 76. - Р. 333 - 341.
33. Isentropic thermophysical properties of pure n-paraffins as a function of temperature and chain length / F. Plantier [et al.] // High Temp.-High Press. – 2000. – Vol. 32, № 3. – P. 305-310.
34. Daridon, J.L. Ultrasonic velocity of liquid tridecane and tetradecane as a function of temperature and pressure / J.L. Daridon, B. Lagourette // High Temperatures-High Pressures. – 2000. – Vol. 32. – P. 83-87.
35. Khasanshin, T.S. Sound velocity in liquid n-alkanes / T.S. Khasanshin, A.P. Shchemelev // J High Temp. – 2001. – Vol. 39, № 1. – P. 60-67.
36. Anonymous, R. Properties of hydrocarbon of high molecular weight Am. Pet. Inst. Res. Proj. 42, 1968, Penn. State Univ.
37. Golubev, I. F. Viscosity of Gases and Gas Mixtures, 1959, Pg. 207, Fizmat Press: Moscow
38. Wu, J.; Shan, Z.; Asfour, A. A. Viscometric properties of multicomponent liquid n-alkane systems //Fluid Phase Equilib., 1998, 143, 263-274
39. Керамиди А.С. Экспериментальное исследование коэффициента динамической вязкости жидких парафиновых углеводородов и нефтепродуктов: Автореф. дис. … канд. техн. наук / ОТИХП: Одесса, 1972. – 33 с.
40. Богатов Г.Ф. Теплопроводность индивидуальных углеводородов и нефтепродуктов в жидком состоянии: дис. ... докт. техн. наук: 01.04.14 – Теплофизика и молекулярная физика / ГНИ: Г.Ф. Богатов. – Грозный, 1992. – 424 с.
41. Мухамедзянов Г.Х. Теплопроводность жидких органических соединений: Дис. … докт. техн. наук. – Казань, КГТУ (КХТИ), 1974. - 390с.
42. Mustafaev, R. A.Thermal conductivity of the vapors of normal saturated hydrocarbons at high temperatures //Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved., NeftGaz, 1973, 16, 71-4
43. Мустафаев Р.А. Теплофизические свойства углеводородов при высоких параметрах состояния. – М.: Изд-во «Энергия», 1980. – 296 с.
44. Mustafa, M.; Sage, M.; Wakeham, W. Thermal Conductivity of n-tridecane at Pressures up to 500 MPa in the Temperature Range 35-75 deg C // Int. J. Thermophys., 1982, 3, 217-224.
45. ЛюстерникВ.Е., ЖдановА.Г. Вязкостьуглеводородов метанового, этиленового и ацетиленового ряда в газовой фазе // В кн.: Теплофизические свойства веществ и материалов. - М.: Изд-во стандартов, 1973. - Вып. 3. - С.95-114.
46. Чмыхало П.А. Методика расчетного определения вязкости жидких н-алканов (С1 – С94) на линии кипения. СД-5-2004 / П.А. Чмыхало, А.Ф. Ставцев. – Межгосударственный совет по стандартизации метрологии и сертификации, Минск, 2004. – 22 с.